ÜBER BAU UND ENTWICKLUNG

DES HOLZES VON

CAULOTRETUS HETEROPHYLLUS.

Inaugural-Dissertation

der

mathematischen und naturwissenschaftlichen Facultät

der

Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Otto Warburg

aus Hamburg.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Mit einer lithographirten Tafel.

1883.

ÜBER BAU UND ENTWICKLUNG

DES HOLZES VON

CAULOTRETUS HETEROPHYLLUS.

Die merkwürdigen, wellig flachen Stämme von *Caulotretus* de C. (*Schnella* Benth. und Hook.), einer Unterabtheilung der Gattung *Bauhinia*, haben schon seit langer Zeit allseitige Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Nach Müller[1]) werden diese Stämme in den deutschen Colonien Brasiliens mit dem Namen »Affentreppen« bezeichnet, nach Netto[2]) und Jussieu[3]) führen sie bei den Eingeborenen Brasiliens den Namen Cipo d'escado[4]) (= escalier, wegen des treppenartigen Aussehens). Auch haben schon früher Gelehrte auf das botanische Interesse hingewiesen, welches diesen Stämmen zukommt, zuerst wohl Gaudichaud[5]), im Jahre 1833, in einigen, auf seiner grossen südamerikanischen Reise gesammelten und Mirbel »als dem Haupte der französischen Schule der Pflanzenphysiologie« officiell mitgetheilten Beobachtungen. Erklärungen der seltsamen Form der *Caulotretus*stämme wurden erst später versucht; Gaudichaud, Crüger, Netto, de Bary und neuerdings v. Höhnel suchten über die Entstehung der Biegungen und Wellen ins Klare zu kommen, und gelangten dabei zu ebenso vielen verschiedenen Resultaten. — Da genaue vergleichende Untersuchungen bisher von keiner Seite angestellt wurden, indem alle Erklärungen ausschliesslich oder hauptsächlich auf theoretische Betrachtungen basirt sind, so war zur definitiven Klarstellung eine eingehendere Inangriffnahme des Gegenstandes nöthig geworden.

Das Material hatte ich durch Vermittelung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. de Bary, von Fr. Müller aus Sta. Catharina in Brasilien erhalten, und möchte hier beiden den besten Dank für die vielfache freundliche Unterstützung aussprechen, die sie meiner Arbeit durch Rath und That zu Theil werden liessen. — Ausserdem stand mir noch eine grössere Anzahl von älteren Stämmen und Zweigstücken gleichfalls von *C. heterophyllus* aus der Sammlung des Strassburger botanischen Institutes zur Verfügung. Auch hatte ich Gelegenheit, im Carlsruher Hofgarten eine sehr nahe stehende andere rankende *Bauhinia*art lebend zu beobachten, sowie jüngere Stadien anatomisch zu untersuchen[1]). Diese, jedenfalls irrthümlicherweise, dort *Bauhinia macrophylla* benannte Pflanze soll angeblich aus Australien stammen, wo aber (nach B. u. H. u. de Cand.) keine rankenden Bauhinien vorkommen; vermuthlich ist ihre Heimath das indische Florengebiet (falls sie nicht doch vielleicht ein *Caulotretus* aus Südamerika ist), und dann wird sie jedenfalls der Section *Phanera* angehören, die übrigens in dem uns interessirenden Stammbau völlig mit *Caulotretus* übereinstimmt. Sie wird uns deshalb unter der Bezeichnung *Bauhinia* sp. noch oft ein passendes Vergleichsobject bilden.

Bau des Holzes.

Bevor wir an die Hauptfrage herantreten, wird es zweckmässig sein, in den Hauptzügen

[1]) Fr. Müller, Bot. Ztg. 1866. S. 68.

[2]) Netto, Comptes rendus. 1866. 14. May, ders., Ann. des sc. 1866. VI. p. 317.

[3]) Adr. de Jussieu, Malpighiac. Archives du Muséum. 1843. p. 118.

[4]) Nicht cipo de cascada, wie v. Höhnel (Pringsh. Jahrb. XIII. Heft 2), irrthümlicherweise sich auf Müller beziehend, angibt, was einen höchst sonderbaren Sinn geben würde.

[5]) Gaudichaud, Archives de Botanique. 1833.

[1]) Ich möchte diese Gelegenheit benutzen, um dem Director des Carlsruher Hofgartens, Herrn Pfister, meinen besten Dank für die freundliche Mittheilung von Material auszusprechen.

die Structur des *Caulotretus*zweiges zu schildern. De Bary's und namentlich Crüger's kurze Notizen über den Gegenstand berücksichtigen nur das für die theoretischen Betrachtungen nothwendige, während sich für uns eine genaue Kenntniss des ganzen Stammes als unerlässlich erwiesen hat.

Die *Caulotretus*arten sind typische rankende alternirend zweizeilig beblätterte Lianen, die an den Bäumen im Urwalde, ohne viele Seitenzweige abzusenden, hoch emporklettern, oben sich reich verzweigen und hoch in den Gipfeln ihre Schmetterlingsblüthen entfalten.

Untersucht man die Spitze des jungen Zweiges, so fällt auf, dass ganz dicht unter dem Vegetationspunkte schon deutlich verholzte Faserzellen auftreten, dass also hier die Verholzung [1]) verhältnissmässig sehr hoch hinaufreicht. — Da die Gefässbündel fast von Anfang an in Form eines geschlossenen Cylinders auftreten, so lassen sich Verzweigung und Ansatzstellen der Blattspurstränge in dem Bündelringe nicht mit Sicherheit verfolgen. Ueber die Entstehung des Gefässbündelcylinders jedoch lässt sich bemerken, dass er sich aus einem sogenannten Sanio'schen Verdickungsringe [2]), der die Form eines abgerundeten Kreuzes besitzt, herausdifferencirt; und zwar entstehen die ersten Gefässe an derjenigen Seite, die unter der nächst höheren Blattanlage liegt, die Spiralgefässe mehr an den Einbuchtungen des Kreuzes, die ersten grösseren Tüpfelgefässe mehr an den Ausbuchtungen desselben. Fast gleichzeitig, etwas später als die ersten Spiral-, und vielleicht etwas früher als die ersten Tüpfelgefässe, differenzirt sich an der Aussenseite des Verdickungsringes, jedoch von demselben deutlich durch einige (meist zwei) Lagen grosslumiger Rindenzellen geschieden, die erste Anlage eines Sklerenchymringes [3]). Entsprechend dem Holzringe besteht auch dieser zuerst aus einzelnen Stücken, welche die Gefässanlagen aussen begleiten und zwar gleichfalls die erste Anlage an der Seite des jeweilig nächst höheren Blattes zeigen. — Diese ganze Differenzirung ging vor sich in einer Strecke, die kaum ein Internodium der Zweigspitze umfasste; derart, dass das eine Blatt schon an einen fertigen Ring sich ansetzte, während an der Ansatzstelle des nächst höheren Blattes [1]) im Verdickungsring nur diejenigen Gefäss- und Sklerenchymtheile etwas ausgebildet waren, die in das Blatt und in dessen Axelspross ausbogen. Es war demnach oberhalb dieser Zone im Hauptspross nur noch der Verdickungsring vorhanden, während in derselben Höhe in der Blattanlage und Axelknospe Gefässe und Sklerenchymring noch deutlich sichtbar waren [2]), also hier jedenfalls höher hinaufreichten als im Hauptspross.

In den Blattstiel gehen drei Gefässbündel, eins zweigt sich von dem dem Blatte zugekehrten Arme des Kreuzes ab [3]), die Lücke wird oberhalb der Abzweigung von den seitlich zusammenrückenden Gefässbündeln des Sprosses wieder ziemlich geschlossen; darauf treten die meisten der noch vorhandenen Gefässbündel des Armes zur Ringform zusammen, worauf sie, sich gleichsam abschnürend, in die Axelknospe treten [4]). — Die zwei übrigen Gefässbündel treten tiefer als das eben genannte schräg seitlich aus den Seitenarmen des Kreuzes [5]) heraus, wie das Hauptbündel von dem Sklerenchymring auf drei Seiten umscheidet. Nachdem sie eine Strecke lang parallel der Axe ziemlich senkrecht nach oben gelaufen sind, in den grösseren Internodien meist mehr als einen Centimeter, biegen sie nach dem Blattstielansatz hin aus und schicken einen ganz feinen Zweig in die Stipulae des Blattes (bei manchen nicht kletternden *Bauhinia*arten in die die Stipeln vertretenden kleinen Stacheln), mit ihrer bei weitem grösseren Masse sich mit dem mittleren Bündel vereinigend. — Der Verlauf der vereinigten Gefässbündel im Blattstiele ist ziemlich complicirt, in den verschiedenen Arten der Gattung *Bauhinia* verschiedene Modificationen zeigend, und kann, als für unsere Zwecke unwesentlich, übergangen werden. Durch diese Bündel wird vor allem die nöthige Festigkeit für den dünnen, langen Blattstiel hervorgebracht (in den gerieften Blattstielen mancher Arten begleiten Gefässbündel die Einbuchtungen), während durch die angeschwollene Basis den periodischen Bewegungen der Blattstiele, durch

[1]) Unter Verholzung ist hier und in Folgendem stets die durch das Auftreten von Lignin (nachweisbar durch die Farbreactionen mit salzsaurem Anilin, Chlorzinkjod und Phloroglucin) angezeigte Veränderung der Zellmembran verstanden, so dass hier also Verdickung der Zellmembran und andere häufige begleitende Erscheinungen aus dem Begriff der Verholzung auszuschliessen sind.

[2]) Sanio, Bot. Ztg. 1863. p. 370 etc., vergl. Fig. 1a.

[3]) Fig. 1b.

[1]) Fig. 1c. [2]) Fig. 1C. [3]) Fig. 1c. [4]) Fig. 1d. [5]) Fig. 1e.

Ineinanderfaltung und Zusammendrängung der Gefässbündel nach dem Centrum des Blattstielgrundes zu, möglichst Rechnung getragen zu werden scheint.

Centralholz. Sehr früh beginnt im Sprossende, wie erwähnt, die Anlage der Hoftüpfelgefässe, welche sich fast immer in radialer Richtung anordnen, so dass der innere Theil[1]) des Holzes, der seiner besonderen Structur wegen unter dem Namen »Centralholz« von dem später gebildeten »Aussenholz« unterschieden werden soll, schon makroskopisch eine radiale Querschnitt-Structur zeigt, eben hervorgerufen durch die radialen Gefässreihen, die von den Ein- und Ausbuchtungen des Markkreuzes nach der runden Peripherie des Centralholzes hin verlaufen. Zwischen den Gefässreihen finden sich die Holzfaserzellen, nur vereinzelt gekammert, dazwischen zahlreiche, auf dem Querschnitt meist einreihige, manchmal aber auch zweireihige Markstrahlen, welche, da sie auf dem Tangentialschnitt zum Theil nirgends ein Ende zeigen, jedenfalls weite Strecken des Zweiges durchsetzen; eine Eigenthümlichkeit, die sich übrigens bei den meisten Klettergewächsen findet, z. B. bei Bignonien, Malpighiaceen, dann nach Müller[2]) bei *Clematis*, *Cocculus*, *Cissus*, *Aristolochia*, bei welch letzteren die Markstrahlen freilich vielschichtige Wände zwischen den Holzsträngen bilden. — Sekundäre Markstrahlen wurden im Centralholze nur vereinzelt beobachtet, namentlich wenn ein grösseres Gefäss die Markstrahlen auseinandergedrängt, und so Platz geschaffen hatte. — Das Centralholz selbst, innen kreuzförmig das Mark umschliessend, aussen rund, besitzt durchschnittlich einen Durchmesser von ca. $2^1/_2$ Mm. Manchmal wird es viel grösser, und dann finden sich hier und da in demselben ziemlich concentrisch angeordnete, mehr oder weniger weit ausgedehnte und an irgend einem Markstrahl seitlich endende, ein- bis mehrschichtige Strangparenchymzonen, die übrigens auch bei dünnerem Centralholze nicht ganz fehlen. Sonst findet sich Strangparenchym hier nur sehr zerstreut, öfters in der Umgebung der Gefässe, und ausserdem in etwas grösserer Menge, in der Nähe des Markes. Alle diese Gewebselemente verholzen sehr früh, durch besonders dicke Wände der Holzfasern zeichnet sich die primäre Markkrone aus.

[1]) Fig. 2 C.

[2]) Fr. Müller, Bot. Ztg. 1866. S. 58.

Die Markscheide, eine dünne Zone von nicht verholztem Parenchym, vermittelt sowohl räumlich als an Gestalt, den Uebergang von den Markzellen zu dem Markstrahlenparenchym. Die Zellen der innersten Schicht besitzen noch die Gestalt der Markzellen, wenn auch auf dem Querschnitt eine geringere Grösse; sie zeigen auch noch theilweise Verholzung. Die Zellen der äusseren Schichten dagegen werden theils dem langen, schmalgestreckten Strangparenchym, theils den mauerförmig angeordneten, radial gedehnten Markstrahlzellen ähnlich, während die Membran deutliche Cellulosereaction zeigt.

Den Innenraum des ca. $1^1/_2$ Mm. messenden Markkreuzes, dessen nahe der Zweigspitze noch ziemlich undeutliche Ausbuchtungen[1]) im Laufe der weiteren Entwickelung sich schnell vertieft haben, nehmen die verholzten und ihre Wände meist stark verdickenden Markzellen ein, welche in ziemlich regelmässigen Reihen über einander stehen, selbst aber keine ganz regelmässige Gestalt besitzen; im Durchschnitt ist der Höhendurchmesser beträchtlich kleiner als der radiale und tangentiale. In der Zweigspitze sind die (noch nicht verholzten) Zellen auf dem Querschnitte rund und die Grössendifferenz zwischen den inneren Markzellen und denjenigen der äussersten Lagen viel bedeutender als später (Radialdurchmesser der äusseren und inneren Zellen daselbst wie 1 : 5, später kaum 1 : 2), welche Grössenausgleichung jedenfalls durch häufige Theilung der Mittelzellen bewirkt wird. — Selten verholzen die Markzellen gar nicht und bleiben dann dünnwandig; im anderen Falle verdicken sich die Wände dagegen oft derart, dass die Durchmesser der zwei gegenüberliegenden zusammen den Durchmesser des freigebliebenen Lumens an Grösse übertreffen; selbst in demselben Zweige kann Verholzung und Nichtverholzung wechseln, jedenfalls ein Beweis, eine wie inconstante und folglich unwichtige Eigenschaft die Verholzung hier ist; übrigens lässt sich wohl nicht leugnen, dass die starke Verholzung der Markzellen wohl gerade besonders die Ranken- und Schlinggewächse auszeichnet, indem viele Bignoniaceen, *Hoya*, *Clematis*arten etc. diese Eigenthümlichkeit zeigen[2]). Bei einigen

[1]) Fig. 1 A und B.

[2]) Dippel, Mikroskop. S. 143 ff. Verholzung mit schwächerer Verdickung der Wände zeigen auch viele Bäume, z. B. *Cytisus Laburnum*, *Fraxinus*, *Fagus*, *Platanus*, *Picea*.

anderen *Bauhinia*arten, darunter auch die rankende *Bauhinia* sp., war das Mark gar nicht verholzt.

Bast. In jüngeren Zuständen schliesst sich direct an das Centralholz die Bastzone an, in den älteren Zweigen tritt an den mit den Blattansätzen alternirenden Seiten das »Aussenholz« dazwischen, welches man bei unserem *Caulotretus* ohne grossen Fehler als »Flügelholz« bezeichnen kann, da es an jüngeren Aesten in den meisten Fällen einzig, stets aber vorwiegend an zwei gegenüberliegenden Seiten ausgebildet ist, und nur selten und meist erst später als bald feinerer, bald breiterer Streifen das Centralholz auch an den anderen Seiten umschliesst.

Der Bast besteht hauptsächlich aus unverholztem Parenchym, dazu kommen ziemlich viele, nach Art der Kletterpflanzen verhältnissmässig grosse Siebröhren, und dazwischen zerstreut lange Bastfasern, oft einzeln, meist aber in sehr kleinen Gruppen beisammen. Die Markstrahlen ziehen sich vom Holz deutlich durch das Cambium, und verlieren sich erst in den äussersten Lagen des Bastes, hier gleichfalls dünnwandig wie die Umgebung.

Aussenrinde. Rings um die Bastschicht, nicht scharf abgegrenzt, legt sich ein in radialer Richtung ca. 5—6 Reihen umfassender Ring von parenchymatischen Zellen, die aus der oben erwähnten Zwischenzone zwischen Sklerenchym- und Verdickungsring durch sehr früh und schnell eintretende Theilung entstanden sind; woraus folgt, dass der aussen anliegende Sklerenchymfaserring nicht zum Baste, sondern zur Aussenrinde gehört, analog vielen Caryophylleen, Cucurbitaceen, Aristolochien und strauchartigen Papilionaceen (*Sarothamnus*, *Colutea*) etc.[1]) Demgemäss mussten auch Versuche, Siebröhren in dieser parenchymatischen Schicht zu entdecken, ohne Erfolg bleiben. — Da der, wie erwähnt, sehr früh verholzende Sklerenchymfaserring dem Dickenwachsthum natürlich nicht zu folgen vermag, so wird er noch vor Anlegung des Flügelholzes an den verschiedensten Stellen gesprengt, und das innere Parenchym drängt sich in seine Lücken hinein, dort meist sofort verholzend, und so den Ring verholzter Zellen wieder schliessend[2]). Im Laufe der Entwickelung nehmen diese eingelagerten Zellen durch langsame Verdickung die Structur von Steinzellen an. Oft geht die Verholzung auch auf die innen liegenden Parenchymzellen über, die direct angrenzende Zelllage ergreifend, bald diese überspringend die zweite, bald, wenngleich selten, unregelmässige Zellgruppen des inneren Rindenparenchyms. — Aussen grenzt die Sklerenchymschicht mit den in die Lücken eingelagerten Steinzellen abermals an dünnwandiges, manchmal in einzelnen Längsreihen verholztes Parenchym, und dieses wird schon in sehr jungen Zweigen durch eine subepidermale Korkschicht begrenzt, die beispielsweise in einem Zweig von nur $1^1/_2$ Mm. Durchmesser schon mit drei bis fünf Zelllagen deutlich sichtbar war. Während die Phellogenschicht nach aussen umschichtig bald unverholzte Korklagen, bald verholzte Korksteinzellen mit kaum sichtbarem Lumen bildet, wird nach innen fürs erste nur eine Phellodermlage angelegt, dagegen finden sich in ganz alten Aesten viele stark verdickte und verholzte Phellodermschichten.

Flügelholz. Nicht weit unterhalb der Zweigspitze, ungefähr 2 bis 3 Dcm., macht sich die erste Anlage des Flügels dadurch bemerklich, dass an zwei gegenüberliegenden, genau mit der Blattmediane alternirenden Stellen das cambiale Gewebe die ursprüngliche Regelmässigkeit verliert, indem nach innen mehr und anders gebautes Holz, nach aussen auch etwas mehr Bast abgesondert wird. Die Bildung des Flügelholzes schreitet von den zwei Bildungsstellen aus seitlich fort, meist in einem gewissen Alter das ganze Centralholz umfassend, stets aber an den blattalternirenden Seiten stark im Vorsprung bleibend. — Das Flügelholz von *Caulotretus* unterscheidet sich vom Centralholz durch die Menge und Grösse der Gefässe und die dadurch bedingte Unregelmässigkeit der Markstrahlen, dann durch die grosse Anzahl meist concentrisch angeordneter Parenchymschichten, durch das viele die Holzfasern begleitende Strangparenchym, die vielen Krystallschläuche, die schwächere Verdickung der Parenchymzellen, und namentlich durch den verschiedenen Bau der Holzfasern, speciell die verschiedene Verdickung ihrer Membranen. Während im Centralholz die Faserzellen durchschnittlich wohl eine radiale Breite von 10—12 μ haben, auch oft bis 15 μ messend, ist die Breite der Fasern im Flügelholz nur 7,5—10 μ; während das Lumen der Central-

[1]) A. de Bary, Vergl. Anatomie. S. 435 und 567.

[2]) Genau der gleiche Vorgang ist sehr schön beider Buche zu beobachten.

holzfaserzellen 9—10 μ ist, ist dasselbe im Flügelholz nur 1—3 μ breit; dagegen übertrifft die Länge der Flügelholzfasern bei weitem diejenige des Centralholzes [1]). Während die Verdickungen am Centralholz ohne Reagentien keine Schichtenbildung erkennen lassen, unterscheidet man in den Fasern des Flügelholzes wie des Bastes und des Sklerenchymringes zwei deutliche Schichten; die äussere entspricht, der einzig vorhandenen im Centralholze, und färbt sich wie dort mit Chlorzinkjod schön hell- bis orangegelb, während die innere dicke mit Alkalien leicht quellende und das Lumen fast völlig ausfüllende, beim Austrocknen dagegen sich oft ganz von der äusseren Lage ablösende Schicht eine rosa bis roth-violette Färbung mit Chlorzinkjod annimmt, und offenbar der Sanio'schen gallertartigen Innenschicht [2]) entspricht, die er bei *Ficus*, *Punica*, *Sophora*, *Ceratonia* etc. angibt, und die auch in Stärke führenden Faserzellen vorkommen soll. — In dem Flügelholze werden diese Faserbündel stets inselartig eingeschlossen von Markstrahlen einerseits, von Parenchymschichten andererseits, welche regelmässige Anordnung aber überall durch die sehr grossen Gefässe gestört wird. — Diese, ausschliesslich Hoftüpfelgefässe, dicht mit Tüpfeln besetzt, liegen zum Theil einzeln im Holze, und sind dann von Parenchymzellen umgeben, die meist in der Richtung des Gefässumfanges gestreckt sind; die Wände dieser Parenchymzellen besitzen meist äusserst viele und grosse Tüpfel, nicht nur den Gefässhoftüpfeln correspondirend, sondern auch an den Wänden der benachbarten Zellen; häufig sind die Seitenwände mit eigenthümlichen ins Innere der Zellen vorspringenden Membranleisten versehen. Oft grenzen mehrere Gefässe aneinander, dann wieder findet man Gefässe neben Hoftüpfeltracheiden, diese theils der dünnen, spitzen, langgestreckten Form angehörend, theils sehr breit, viereckig, mit horizontalen Scheidewänden. — Im Gegensatz zum Centralholz findet man, dass im Flügelholz überall die radiale Structur durch Unregelmässigkeiten und Verschiebungen mehr oder weniger unkenntlich gemacht wird. Während die Grenze zwischen Central- und Flügelholz oft ganz scharf hervortritt, meist in diesem Falle durch eine dünne concentrische Parenchymlage angedeutet, findet auch häufig ein allmählicher Uebergang statt, die Holzzellen der inneren Flügelpartien sind dann weitlumiger, die Gefässe vereinzelter. Die Länge der Holzfasern scheint nie direct sprungartig abzusetzen, wie Tab. II lehrt.

Eingeschlossenes Rindenparenchym. Mit dem gewöhnlichen Strangparenchym des Flügelholzes nicht zu verwechseln sind mehr oder weniger concentrisch gelagerte, in ihrem Verlaufe aber oft unterbrochene unverholzte Parenchymstreifen, welche öfters mit einander anastomosiren, und so sich netzartig im Holze ausbreiten; die Markstrahlen werden nicht durch dieselben unterbrochen, oft aber abgelenkt und verschoben, auch behalten die Zellen der Markstrahlen in diesen Schichten unverholzte Wände. Da öfters die angrenzenden Holzfasern durch den Druck dieser Zellen wellig gebogen sind, auch das Parenchym selbst sehr unregelmässig angeordnete und gestaltete Zellen zeigt, so folgt daraus mit ziemlicher Bestimmtheit, dass das Gewebe seine definitive Ausbildung erst erhält, nachdem die daneben liegenden Holzzellen ihre definitive Gestaltung erlangt haben: da aber in jungen und alten Aesten diese Zelllagen keine merkliche Breitendifferenz aufweisen, auch ausser in den Markstrahlen und einigen verholzten, meist die anliegenden Holzfasern begleitenden, zerstreut liegenden Zellen keine Stärke nachweisbar ist, auch keine jungen Theilungswände auffindbar sind, so ist anzunehmen, dass mit der Ausbildung der Gestaltung die Zelltheilung in diesen Streifen erlischt. — Diese Streifen bilden ein entwickelungsgeschichtlich dem Phloëm [1]) zugehöriges Gewebe, wie folgende Beobachtungen lehren. Vor allem wurde für einige Fälle sicher constatirt, dass die Thätigkeit des Cambiums an einigen Stellen erlischt, um dann in nur wenig weiter aussen liegenden Zellen sprungweise wieder zu beginnen. An diesen Stellen wurde ein inneres Cambium in allen Stadien des Erlöschens und ein äusseres neugebildetes zugleich beobachtet. Dass aber die vielen Streifen in älteren Stämmen auf dieselbe Ursache zurückzuführen sind, dafür spricht die Gleichartigkeit dieser Streifen und die anatomische Aehnlichkeit dieses Gewebes mit dem Bastparenchym, mit dem es in allen Punkten so ziemlich übereinstimmt; dann die Unwahr-

[1]) Vergl. Tabelle II, unten.

[2]) Sanio, Bot. Ztg. 1863. S. 104 ff.

[1]) Vergl. die gegentheilige, aber nicht genügend unterstützte Ansicht von Mettenius (Linnaea XIX. 1847. p. 578 ff.).

scheinlichkeit, dass neben dem sonst doch so verbreiteten Holzstrangparenchym in unbestimmten Intervallen ein morphologisch verschiedenes, anderswo nicht beobachtetes Gewebe abgesondert werden sollte; endlich die an Alkoholmaterial von *Caulotretus* und an frischem Holze der *Bauhinia* sp. gemachte Beobachtung, dass im Flügelholz das cambiumartige Gewebe (bestehend aus Cambiumzellen und dem noch unausgebildeten Jungzuwachs) an den verschiedenen Stellen sehr ungleiche Dicke hatte; häufig ragten Holzmassen tief in die Rinde hinein, oft dann über einige Cambiumzellen seitlich übergreifend, an einigen Stellen das Cambium völlig einschliessend, selber aussen natürlich von dem schneller vorgerückten Theil des Cambiums umgeben.

Zellinhaltsbestandtheile. Es bleibt noch übrig, auf die Zellinhaltsbestandtheile des *Caulotretus*zweiges einen Blick zu werfen.

Der Chlorophyllgehalt zeichnet auch in höherem Alter die Rindenschicht aus, und zwar sowohl die äussere als die innere, und bleibt auch grösstentheils in den dort im Verlauf der Entwickelung sich bildenden verholzten Steinzellen, selbst wenn schon die Korkmeristembildung ringsum Platz greift. Manche Reihen verlieren freilich diesen Gehalt, zeigen aber auch durch ihren braunen Inhalt den Tod der Zellen an. In den Markstrahlen findet sich Chlorophyll, tief im Innern des Holzes, nur in jüngeren Zuständen bei der *Bauhinia* sp., sogar noch in den Zweigen mit ca. 4 Mm. dicker Holzschicht in der Parenchymscheide des Markes.

Stärke findet sich abgesehen von dem Baste und den im Aussenholz liegenden Fasern in allem verholzten Gewebe, also auch in den Holzzellen des Centralholzes, ausserdem in der Aussenrinde und in den Markstrahlen auf ihrem ganzen Verlaufe, dagegen nicht in dem Bastparenchym, in den eingeschlossenen Parenchymschichten, und wenigstens nur sehr spärlich in den Markzellen, soweit sie nicht verholzt sind. Dass übrigens selbst in den Fasern der Stärkegehalt sehr langsam schwindet, zeigt das gelegentliche Vorkommen von Stärke 25 Ctm. unterhalb der Zweigspitze und 20 Ctm. unterhalb des Beginnes der Verholzung; auch wurde noch $4^1/_2$ Meter unterhalb der Zweigspitze in einzelnen Flügelholzzellen dicht beim Centralholz Stärke, wenn auch zerstreut und zerfallen, constatirt. Interessant ist, dass man oft die die grossen Flügelholzgefässe direct umgebenden Parenchymschichten stärkeleer, dagegen alles benachbarte und oft sogar unmittelbar angrenzende Parenchym stärkehaltig findet, was auf eine ja auch a priori wahrscheinliche enge physiologische Beziehung des Scheidenparenchyms zu den Gefässen hinweist. Ebenso ist der enge, leicht zu constatirende Zusammenhang zwischen Verholzung und Stärkegehalt auffallend, und möglicherweise durch den langsamen Stoffaustausch und verminderte Säfteleitung in verholzten Zellen zu erklären.

Kalkoxalatkrystalle, nur in Form von Quadratoctaedern auftretend, finden sich bis auf das Centralholz wohl überall, im Mark freilich nur in den äussersten, an das Holz grenzenden Lagen häufig; in der Rinde, im Bastparenchym, in dem eingeschlossenen Parenchym, selbst in den Markstrahlen des Bastes und in den verholzten Phellodermzellen gelegentlich; im Bast und im Flügelholz meist, doch nicht ausschliesslich, in Krystallschläuchen (zwischen und neben den Fasern liegend), aus Quertheilungen von cambialen Zellen hervorgegangen; oft sind die unteren oder oberen Kammern dieses Schlauches aber stärkehaltig, aus einer Cambiumzelle geht hier also Strangparenchym und Krystallschlauch hervor. — Die Krystalle in den Schläuchen entstehen sehr früh, schon in den jüngsten Zuständen findet man das Gewebe gleich durchsetzt, und selbst die ersten Theilungsproducte des Cambiums zeigen schon Krystalle; auch erlangen sie jedenfalls schon früh ihre definitive Grösse, da in jüngerem und älterem Gewebe angestellte Messungen keinen merklichen Unterschied ergaben. — In den Krystallschläuchen wird jedenfalls das Leben der Zelle sehr früh erlöschen, da die Kammern fast ausgefüllt sind durch Krystalle und Gallertmasse (im cambialen Gewebe sogar manchmal derart, dass der Krystall die Wände seitlich auftreibt) und auch in späteren Zuständen nirgends Stärke und Protoplasma gesehen wird. — Anders scheint sich die Sache zu verhalten in den krystallführenden Parenchymzellen, wo nachträgliche Entstehung der Krystalle nach definitiver Ausbildung der Zellen für viele Fälle sehr wahrscheinlich ist. Namentlich in der Markscheide, aber auch sonst wurde beobachtet, dass Zellen mit relativ dicker Wand durch eine ganz dünne, also wohl später entstandene Haut in zwei oder mehr krystallfüh-

rende Kammern getheilt sind; auch hier erlischt bald nach der Krystallbildung die Lebensthätigkeit, wie man an den herumliegenden formlosen festen Körnchen erkennen kann; einige Male wurde freilich daneben noch einige Stärke beobachtet, meist aber trennen sich die lebenden Abschnitte der Zelle durch eine Membran von dem krystallführenden Theile ab.

Ranken. Im Anschluss hieran sind noch die Ranken und Wurzeln zu betrachten. — Die Ranken haben bei den verschiedenen *Caulotretus*arten eine verschiedene Stellung, stets stehen sie aber, in der Einzahl oder zu zweien, ganz unten an jedem Zweige, ungefähr am oberen Ende des ersten Internodiums, und sind homolog dem Achselspross der untersten Blätter[1]), denn bei *Bauhinia* sp. sind nicht nur die Stipeln des fehlenden Tragblattes oft deutlich ausgebildet, sondern diese umfassen sogar unten mit einem sie verbindenden Rande die Ranke, und in diesen Rand läuft das Hauptgefässbündel des verkümmerten Blattes deutlich aus. Auch bei dem brasilianischen *Caulotretus heterophyllus* sind nicht selten die Stipeln sichtbar, deutlicher, nach Abbildungen, bei anderen Arten. Selten befinden sich die Ranken im Verhältniss zur Axe genau an denselben Seiten wie die Laubblätter; meist stehen sie mehr oder weniger schief neben dem ersten derselben, worauf aber, bei der Verschiedenheit dieser Verhältnisse je nach den Arten, kein Nachdruck zu legen ist. Hat sich die Ranke — untersucht bei *Bauhinia* sp. — entfaltet, ohne eine Stütze zu finden, so rollt sie sich langsam spiralig auf (bis sechs Windungen bildend), und plattet sich an der Ober- und Unterseite ab, die Spitze der Ranke am meisten, bis schliesslich auf dem Querschnitt die Ausdehnung des Markes zwischen den beiden Flanken sieben mal so gross gefunden wurde wie zwischen der Ober- und Unterfläche. Die Abplattung findet aber an den zwei Seiten ungleichmässig statt, an der Oberseite der Ranke nämlich stärker als unten, womit auch anatomische Verschiedenheiten der zwei Seiten parallel laufen. Während die Unterseite eine verhältnissmässig starke Bastschicht zeigt, mit grossen Markstrahlenzellen und wenig Fasern, dann in dem Holze weite, sehr stärkehaltige, schwache Holzreactionen zeigende Faserzellen, und in der grosszelligen Aussenrinde einen ganz schwach verholzten Sklerenchymring, ist an der Oberseite alles früher und stärker verholzt, auch weniger stärkeführend und die Weichbastschicht circa halb so breit. — Hat die Ranke dagegen eine Stütze erfasst, so schwillt die Unterseite ganz enorm an, das Holz wird hier gewiss sechs Mal so dick wie das der Oberseite, so dass der ergriffene Ast völlig eingeschlossen, Blätter eventuell ganz zerknittert werden; auch verholzen jetzt die Elemente der unteren Seite ebenso stark wie die der oberen. — Das Dickenwachsthum der Ranke pflanzt sich von der Berührungsstelle aus nach der Insertionsstelle zu sehr stark fort, so dass die ganze Ranke und oft auch das dieselbe tragende Internodium stark an Dicke zunehmen. Nach oben scheint die Fortpflanzung sehr gering zu sein, die Spitze verkümmert häufig gänzlich, so dass die Ranken oft einfache Hakenform haben; durch diese Form sowohl als auch durch die nachträgliche Verdickung und Uebertragung der als Dickenwachsthum in Erscheinung tretenden Reizwirkung auf die unteren Theile, schliesst sich *Caulotretus* an die Treub'schen[1]) Hakenranken, namentlich an *Strychnos*, an, und vermittelt den Uebergang von diesen zu den gewöhnlichen Ranken.

Wurzel. Von der Wurzel von *Caulotretus*, die nach Crüger's Angabe regelmässig gebaut sein soll, stand mir kein Material zur Verfügung, von der *Bauhinia* sp. besitze ich eine Seitenwurzel, welche durchaus regelmässig, d. h. flügellos gebaut ist. Die Pflanze, von der die Wurzel stammt, spaltet sich direct unter dem Stamm in zwei dicke, rübenförmig ausgebildete Wurzeln, die, so viel sich von aussen erkennen lässt, wahrscheinlich an der Seite der Blattanlagen entsprangen. Die Seitenwurzel ist undeutlich diarch, die Endodermis längst abgesprengt, die Gefässe in mächtigem Parenchymgewebe eingebettet, innen die älteren, unregelmässigen Gruppen, aussen die neu angelegten, radiale Reihen bildend, in den ganz äusseren Lagen die Parenchymzellen oft verholzend. An einigen Nebenwurzeln fand ich einen ganz normal diarchen Strang, umgeben von Holzfasern mit unregelmässig eingestreuten Gefässen und sehr wenig eingelagertem Parenchym, welches später durch Ausdehnung und Theilung

[1]) nicht einem Petiolus, wie in der Flora brasiliensis von Martius angegeben ist.

[1]) Treub, Extraits des annales du jardin de Buitenzorg. 1882. p. 71.

wie bei *Beta*[1]) den Gefässbündelring völlig zersprengt und in Theile zerlegt. In diesem späteren Stadium besteht die Wurzel vornehmlich aus grosslumigem und dünnwandigem Parenchym und ebenfalls dünnwandigen das Cambium durchsetzenden Markstrahlen, während sekundär nur noch wenige Radialreihen stark verholzter Gefässe und dazwischen schwache Holzreactionen zeigende Fasern in kleinen, regelmässig concentrisch gelagerten Bündeln angelegt werden. Nach aussen wird ei sehr dicker Basttheil abgeschieden, mit unregelmässig zerstreuten, fast gar nicht verholzten Bastfasern, die theils einzeln, theils in kleinen Gruppen liegen wie im Stamm. Bemerkenswerth ist, dass hier alle Holzfasern gleiche Structur haben, indem hier keine Holzfaserzellen vorkommen, wie im Centralholz des Stammes, sondern alle Fasern des Bast- und Holztheiles eine innere, sekundäre, nicht verholzte Füllschicht besitzen, die meist nur einen ganz feinen Spalt frei lässt.

Wellung. Bisher wurde die Pflanze nur in jugendlicheren Zuständen betrachtet, wo die Zweige, wenigstens die mir vorliegenden, gerade sind. In älteren Stadien verhält sich die Sache meist anders, indem in fast allen in den Sammlungen befindlichen Stücken Mark und Centralholz einen geschlängelten Verlauf zeigen; während das Flügelholz, innen der Wellung sich anschliessend, je weiter wir nach aussen kommen, desto mehr einer geraden Fläche sich nähert.—Vielleicht werden die Formverhältnisse[2]) am anschaulichsten, wenn man sich eine fingerdicke, höchstens handbreite lange Platte aus knetbarer Masse vorstellt, in die man mit einer Kugel von der Grösse eines kleinen Apfels abwechselnd auf den beiden platten Seiten, dicht über einander stehende, eine Reihe bildende Vertiefungen eindrückt; je nachdem man dieselben mehr oder weniger tief einpresst, erhält man die verschiedenen Modificationen, welche diese Hölzer in Wirklichkeit zeigen. Dabei ist im Allgemeinen zu bemerken, dass je dünner die Platte und je grösser die Flügel, desto tiefer die Einbuchtungen; je dicker die Platte und je kleiner die Flügel, desto geringer die Vertiefungen; falls das Flügelholz entweder sehr schmal und klein ist und sich nur an einen kleinen Theil des Centralholzes ansetzt, oder, falls das Flügelholz sehr dick ist und das Centralholz auf allen Seiten umfasst, findet man oft die Einbuchtungen minimal oder gar nicht vorhanden, scheinbar widersprechende Verhältnisse, deren Erklärung später versucht werden wird. — An ganz jungen Exemplaren wurde in den mir zugänglichen Zweigen und Zweigstücken nie eine Wellung beobachtet.

Als Beispiele zur Darlegung der Grössenverhältnisse mögen einige im Verlauf der Untersuchung vielfach benutzte Stücke dienen.

I.[1]) ein 1,4 Ctm. breiter, 0,2 (das Centralholz 0,4) Ctm. dicker Zweig war das kleinste Object, an dem Wellung, wenigstens spurweise, sichtbar war, mit einer Amplitude[2]) von 0,6 Ctm., auf eine Wellenlänge (von Hebung zu Hebung) von 14 Ctm.

II. 3 Ctm. breit, 0,4 Ctm. dick, Amplitude 1,4 Ctm., die dazu gehörige Wellenlänge 10 Ctm.

III. 7,5 Ctm. breit, 0,8 Ctm. dick, Amplitude 2,8 Ctm., Wellenlänge 16 Ctm.

IV. das abgebildete Exemplar, wo die Wellung am stärksten, 6 Ctm. breit, 0,8 Ctm. dick, Amplitude 2 Ctm., Wellenlänge 6,5 Ctm.

Für gewöhnlich sind die ehemaligen Blattanlagen und die axillären Seitenzweige so auf der Wellung vertheilt, dass stets der (meist abgebrochene) Seitenzweig eine Strecke weit über der höchsten Erhebung der Welle steht, so dass also eine Wellenlänge stets zwei Internodien entspricht; doch ist das zwar Regel, aber durchaus nicht Zwang, denn ein Exemplar der Strassburger Sammlung zeigt deutlich mehrere Zweiganlagen auf einer Erhebung, wo nach der anatomischen Structur von Adventivknospen nicht die Rede sein kann. — Der betreffende Ast ist ein Sympodium von 8 Ctm. Breite, 1 Ctm. Dicke, $1^1/_4$ Ctm. Amplitude; der deutlich erkennbare Ast erster Ordnung ist abgebrochen und der nächst untere Seitenzweig hat die Weiterentwickelung auf sich genommen, was äusserlich daran erkennbar, dass die zwei auf einander folgenden Stümpfe nicht an den alternirenden Seiten stehen; die Internodien dieses geförderten Seitenzweiges sind von unten an $3^1/_2$, $^1/_2$, $^1/_2$,

[1]) Vergl. de Bary, l. c. p. 616.

[2]) Fig. 4 zeigt einen extremen Fall, mit besonders regelmässiger und starker Ausbildung der Wellung.

[1]) Die Numerirung entspricht den in den Tabellen gewählten Ziffern. Fig. 3 stellt Durchschnitte von I, II und III dar, nebst einem durch einen noch flügellosen Zweig.

[2]) Die Amplitude dieser körperlichen Wellung ist als Projection von der Aussenseite der höchsten Erhebung der Welle auf die ideelle Axe des Holzes genommen.

$1^1/_2$, $1^1/_2$ etc. Ctm. lang, während die Wellung, 6 Ctm. gross, wie die Flügelbildung durchaus unabhängig von Internodien und Seitenzweigursprung verläuft.

Zerklüftung. Wie von verschiedenen Seiten bestätigt wird, nimmt der *Caulotretus*-stamm im Alter ganz unregelmässige Gestalt an, hervorgerufen durch stärkeres Dickenwachsthum an bestimmten, unregelmässig vertheilten und vielfach gebogenen Längslinien der Flügel, wie zwei Stücke der Strassburger Sammlung deutlich beweisen, das eine die ersten Anfänge localen Wachsthums zeigend, das andere ein sehr vorgeschrittenes Alter[1]) darstellend. — Der Stamm zeigt vielfache Einbuchtungen und Zerklüftungen, die jedenfalls zum weitaus grössten Theile in ursprünglicher Wachsthumsanlage und nicht in späterer Spaltung ihre Erklärung finden. Grössere Holzpartien sind oft getrennt durch breitere parenchymatische Zonen, in denen grosse Steinzellgruppen und Bastfasern zerstreut sind. Dass wir es hier mit eingeschlossenen Bastpartien und nicht mit nachträglich aus der Rinde eingedrungenem, weiter wachsendem Gewebe zu thun haben, wie es zuerst den Anschein hat, geht daraus hervor, dass sich in älteren Stadien durchaus keine Cambiumzellen noch die sonst bei Eintrocknung zwischen Holz und Rinde überall zu beobachtenden Risse zeigen; auch findet man an der Innenseite dieser Schicht keine jugendlichen Holzgebilde noch auf Neuzuwachs deutende Markstrahlrichtung, so dass also von wirklichem Cambium, wie es Crüger z. B. für *Tetrapterys*[2]) abbildet, hier nicht die Rede sein kann, während Entstehung von Bastfasern aus unregelmässig wucherndem Parenchymgewebe weder nachgewiesen noch vorstellbar ist. — Diese Schichten sind demnach entstanden durch ursprüngliche Neubildung eines Cambiums mitten im Baste, bei welchen also nicht, wie in den oben erwähnten Fällen, nur wenige Zellreihen, sondern grössere Bastlagen zwischen altem und neuem Cambium eingeschlossen werden. Auch findet sich in dem Alkoholmaterial ein Beispiel eines noch jungen Astes, bei welchem von nachträglich ausgefüllten Spalten im Holze noch keine Rede sein kann, wo dieses Ueberspringen von Bastlagen völlig deutlich ist, und sich an vielen Stellen noch in dem eingeschlossenen Streifen das Cambium in der ursprünglichen Richtung erhalten hat, jedenfalls aber sehr früh seine Thätigkeit einstellt, da alle Uebergänge zu Dauerparenchym gefunden werden. — Ausser diesen eingeschlossenen Rindenstreifen lässt sich aber auch nachträglich eindringendes Parenchymgewebe[1]) nachweisen, was namentlich da klar wird, wo dasselbe in das regelmässige Centralholz eindringt, von aussen dasselbe sprengend. Markstrahlen, Markzellen und dünnwandige Markscheide nehmen nicht an der Neubildung Theil, es ist deutlich nachweisbar von der Schmalseite her eingedrungenes parenchymatisches Rindengewebe, ohne Faserzellen, dagegen mit sich stark verdickenden und schnell verholzenden Zellwänden.

Zusammenfassung. Wir haben demnach bei der anomalen Ausbildung des *Caulotretus*-stammes ein Zusammenwirken von mindestens sechs verschiedenen Factoren vor uns, die streng aus einander zu halten sind, da sie meist auch (bei anderen Gewächsen) gesondert auftreten können.

1) Die Flügelbildung, d. h. das an zwei Stellen geförderte Dickenwachsthum.

2) Differenz von Central- und Aussenholz.

3) Die spätere, völlige Unregelmässigkeit des Dickenwachsthums, die Hauptursache der Zerklüftung bildend.

4) Die Neubildung concentrischer Cambiumzonen, mehr oder weniger weit ausserhalb des ursprünglichen, seine Thätigkeit dann einstellenden Cambiums liegend.

5) Das von der Rinde aus erfolgende Eindringen von unregelmässigem, parenchymatischem Gewebe in die Holzmassen.

6) Die Wellung, mehr oder minder stark, aber nicht immer auftretend.

Mit dem letzten Punkte werden wir uns in Folgendem vor allem zu befassen haben, um später auch über die anderen Punkte einige Betrachtungen hinzuzufügen.

Wie entsteht die Wellung?

Wir beginnen mit einer Prüfung der Ansichten von Gaudichaud, Crüger, Netto, de Bary und v. Höhnel über diesen Gegenstand.

Was Gaudichaud[2]) betrifft, so braucht er hier kaum berücksichtigt zu werden, da er einerseits keinen besonderen Nachdruck legt auf die Krümmung der Stämme, sondern mehr die bandförmige Gestalt und Zerklüftung

[1]) Fig. 5.
[2]) Crüger, Bot. Ztg. 1851. Taf. VII, Fig. 9.

[1]) Fig. 6a.
[2]) Gaudichaud, Mémoires présentés à l'Académie des sc. de l'Institut. 1843. p. 35.

berücksichtigt, und andererseits seine Merithallustheorie[1]), welche diese Stammbildung erklären und selbst wieder durch dieselbe gestützt werden sollte, in Deutschland überhaupt wenig Anklang fand, und auch in Frankreich bald beseitigt wurde. Im Grunde genommen ist aber auch der *Caulotretus*stamm besser als Beweismaterial gegen als für die Theorie Gaudichaud's zu verwerthen, worauf übrigens schon Netto mit Recht hinweist.

Von den übrigen, die sich mit der Frage beschäftigt, nehmen Crüger, Netto und de Bary als feststehende Thatsachen an, dass die Stämme ursprünglich gerade, zwar bandförmig, aber nicht gewellt sind, und erst später die wellige Form entsteht, während nach v. Höhnel's Annahme die betreffenden Zweige schon von ihrer ersten Anlegung an gewellt sind.

Netto[2]) glaubt, die Krümmung liesse sich darauf zurückführen, dass der bandförmige Stamm an den Insertionsstellen der alternirend zweizeilig stehenden Blätter an der Blattseite stärker in radialer Richtung wachse als an der entgegengesetzten, so dass stets in der Umgebung der Blätter der Stamm sich nach aussen wölbe, beim nächsten Blatte also, da es alternirt, an der entgegengesetzten Seite diese Wölbung stattfinde; die Flügel folgen nach seiner Ansicht passiv dem alternirend excentrischen Dickenwachsthum des Mittelstheiles. — Wäre diese Ansicht richtig, so müsste das Mark und der Centraltheil des Holzes gerade bleiben, da doch von einem Zuge des gesammten Stammquerschnittes nach der geförderten Seite hin nicht die Rede sein kann (schon mechanisch würde es undenkbar sein); die einfache Beobachtung lehrt nun aber, dass die zuerst angelegten Theile in älteren Stämmen nicht gerade sind, und ein medianer Längsschnitt zeigt unmittelbar, dass Mark und Centralholz genau der Wellung folgen; es ist also die Ansicht Netto's schon hierdurch völlig widerlegt[3]).

Es bleiben demnach noch zu untersuchen die Ansichten von Crüger, de Bary und v. Höhnel, welche auch theoretisch alle denkbaren Modalitäten umfassen[1]). Entweder der Stamm ist von Anfang an gewellt (v. Höhnel), oder die Wellung ist erst später entstanden, und zwar entweder durch Verkürzung der Flügel, wodurch die Mitte in die Wellenform zusammengezogen wird (Crüger), oder durch Verlängerung der Mitte (de Bary). Ueber die Art der Verkürzung resp. Verlängerung liessen sich natürlich im Einzelnen noch manche verschiedene Ansichten denken, zur Erklärung der Wellung durch allgemein mechanische Factoren sind nur diese drei Ansichten möglich.

v. Höhnel sagt[2]): »die Wellung ist das primäre, das Flachwerden der Seitentheile das sekundäre. Ist die Wellung an jungen Zweigen nicht vorhanden, so tritt sie auch später nicht auf.« »Die jungen, 1—2 Mm. dicken Zweige zeigen mehr weniger[3]) auffallend die Erscheinung der von Wiesner gefundenen undulirenden Nutation (die freilich auch gänzlich fehlen kann)«, und darin liegt wohl der Schwerpunkt seiner ganzen Beweisführung. Ist es wirklich der Fall, dass oftmals junge Zweige eine derart stark undulirende Nutation zeigen, wie sie der späteren starken Krümmung mancher Aeste entspricht, so ist die Hypothese v. Höhnel's vorläufig wenigstens zulässig und denkbar, findet dieses nach der Beobachtung lebender Gelehrten an Ort und Stelle nicht statt, so ist ihr das Fundament entzogen. Dass die Thätigkeit der Ranken, wie nachher wohl im Gefühl des Unzureichenden der Erklärung hinzugefügt wird, einen beträchtlichen Einfluss auf die Krümmung ausüben sollte, ist nach Structur derselben (indem merkliche Verkürzung bei ihnen nicht nachzuweisen ist) und nach der Lebensweise der Pflanze[4]) völlig ausgeschlossen; auch müssten dann die Ranken tragenden Seitenzweige gerade auf der höchsten Wellenerhebung stehen und nicht oberhalb[5]) derselben; dagegen spricht ausserdem das Auftreten von Krümmungen an Stellen, wo, nach den Narben zu schliessen, die Seitenzweige ganz jung abgebrochen sind, und endlich die oben behandelte Unabhängigkeit mancher Wellungen von den Internodien.

---

[1]) Eine Wiederholung der Petit-Thouars'schen Phyton-Theorie.

[2]) Netto, Annales des sciences. 1866. VI. p. 319.

[3]) Wenn v. Höhnel Netto's Ansicht nur für eine »unvollständige Umschreibung des thatsächlichen Sachverhaltes« ansieht, so liegt es daran, dass er übersieht, dass Netto von »radialer« Zelltheilung und Vergrösserung, nicht von »tangentialem« Wachsthum spricht, wie v. Höhnel angibt.

[1]) Vergl. de Bary l. c. S. 622.

[2]) v. Höhnel l. c. S. 4.

[3]) Es wird aus seiner Darstellung nicht klar, ob und wie weit er diese Erscheinung an jungen Zweigen beobachtet hat.

[4]) siehe unten. [5]) siehe Fig. 4.

Dass das ziemlich beträchtliche Material, das mir zur Verfügung stand, an keinem jüngeren Aste eine irgend erhebliche Wellung zeigte, kann nichts beweisen, da Zufall nicht ausgeschlossen ist. Andererseits wissen aber alle Gelehrte, die an Ort und Stelle diese Lianen untersucht haben, nichts davon, obgleich es, wenn irgend in dem Maasse hervortretend, wie in dem späteren Alter, eine höchst auffallende Erscheinung sein müsste. — Wenn ein so sorgfältiger Beobachter, wie Crüger auf Trinidad, dem genug Material zur Verfügung stand, bei Beschreibung der jungen Zweige diese Biegung mit keinem Worte erwähnt, von den Stämmen des *Caulotretus* aber sagt[1]), dass die Biegung bei jüngeren Exemplaren weniger stark sei als bei alten, und schliesslich noch wörtlich ausführt, dass »diese Biegungen unbedingt späteren Ursprungs sind«, so darf man ohne sehr gewichtige Gründe nicht daran zweifeln. Netto[2]), der lange Zeit in Brasilien weilt, spricht von der courbure mutuelle, peu sensible d'abord, mais fort remarquable dans les anciennes tiges.« Auch hat Fr. Müller auf eine directe Anfrage Prof. de Bary's über diesen Gegenstand erklärt, ohne freilich gerade einen *Caulotretus* zur nochmaligen Besichtigung vor sich zu haben, dass er von einer irgendwie besonderen Wellung der jüngeren Zweige nichts wisse; denkbar wäre eine gleiche Unterbrechung des geraden Verlaufes, wie man sie so oft finde. Er schickte zum Beleg einen *Bauhinia*zweig ein, der die gewöhnliche durch die Achselknospen bewirkte Ablenkung der verschiedenen Internodien (Wiesner's alternirende Nutation) aufwies, wie sie zweizeilig beblätterte Pflanzen so oft zeigen, so dass die einzelnen durchaus geraden Internodienglieder mit einander Winkel von 150—160° bilden. Dass dieser ganz stumpfe, durchaus nicht abgerundete Winkel nicht der Ursprung einer Krümmung sein kann, die einem gleichartigen Winkel von weniger als 90° (wenigstens bei starker Wellung) entsprechen würde, liegt auf der Hand; auch wäre es dann wunderbar, dass bei der weiten Verbreitung der Ablenkung keine einheimische Pflanze ähnliche Verhältnisse zeigt.

Es bleibt nun zu untersuchen, was denn für zwingende Gründe v. Höhnel trotzdem zur Aufstellung dieser gewagten Hypothese veranlassten. Jedenfalls ist der Hauptgrund das Unbefriedigende der früher gegebenen Erklärungen, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll, wenngleich doch hier schon, vorgreifend, bemerkt werden muss, dass mir seine Einwände gegen de Bary's Annahme insgesammt nicht stichhaltig zu sein scheinen, und seine Bemerkungen gegen Crüger zwar zutreffend sind, aber nur einen Theil der Deductionen des letzteren widerlegen.

Von den von Höhnel zu Gunsten seiner Hypothese beigebrachten Argumenten ist nur eines wirklich positiver Natur, nämlich sein Versuch, darzuthun, dass auf den convexen Rücken des *Caulotretus*zweiges eine stärkere Spannung besteht, als in den concaven Einbuchtungen. Abgesehen nun davon, dass der deutliche Nachweis dieses Unterschiedes nichts gegen die Crüger'sche Annahme nachträglicher seitlicher Verkürzungen und die de Bary'sche nachträglichen Längenwachsthums beweisen würde, da auch hier an den stärker gedehnten resp. weniger zusammengezerrten convexen Partieen der Rinde grössere Spannung herrschen könnte als an den concaven Seiten, so hat Höhnel diesen Beweis nicht einmal erbracht. 1) Ist seine Bemerkung: »Immer liegt das Mark der convexen[1]) Seite näher«[2]) nur für einen Theil der gewellten Stücke zutreffend, gestattet übrigens auch kaum einen Schluss auf die Druckverhältnisse. 2) Ist die von ihm hervorgehobene Thatsache, dass bei Zweigen mit sehr starker Wellung die beiden Längshälften in den Thälern unter ganz spitzen Winkeln zusammentreffen, durch die Crüger'sche und de Bary'sche Hypothese ebenso leicht verständlich, wie durch seine Annahme verminderten Druckes auf der Concavseite des von Anfang an gewellten Zweiges. Verlängert sich das Centralholz nachträglich mehr als das Flügelholz, so muss ein Winkel entstehen, um so spitzer, je grösser die Wachsthumsdifferenz zwischen Central- und anliegendem Flügelholz. Wird (durch Einlagerung von Parenchym) der Flügel verkürzt, so muss gleichfalls ein Winkel entstehen, um so spitzer, je näher dem Centralholz die Einlagerung stattfindet. 3) Ob-

[1]) Crüger l. c. 1850. S. 127.
[2]) Netto, Comptes rendus. 1866. p. 1078.

[1]) In v. Höhnel's Schrift steht hier »concav« statt »convex«, was jedenfalls nach dem Vorhergehenden als Druckfehler zu betrachten ist.
[2]) Bei der Bestimmung der Lage des Markes ist aus mehreren Gründen Täuschung leicht möglich.

gleich nur als Einwand gegen de Bary's Annahme gebraucht, ist doch hier das Auftreten von Querwülsten an den concaven Seiten in Betracht zu ziehen, welches auf vermindertem Druck an den betreffenden Seiten beruhen soll. Diese, zur äusseren Constatirung von Druckverhältnissen zuerst von Detleffsen[1]) angegebene Methode führt schon im Allgemeinen sehr leicht zu falschen Schlüssen, wie auch Kny[2]) sehr richtig hervorhebt; in diesem Falle ist sie aber ganz sicher nicht angebracht, da, wie die anatomische Untersuchung lehrt, auch keine Andeutung in der Structur und Lage der Zellen vorliegt, dass diese Erhebungen in der äussersten Rindenschicht durch Zusammenpressen von oben nach unten, oder durch Wachsthum unter geringerem Druck entstanden sind. Der ganze Bau dieser sowohl wie der benachbarten Zellen zeigt deutlich, dass wir es hier nur mit localen Wucherungen der direct unter dem Periderm liegenden Rindenzellen, und meist zugleich (oft auch allein) mit einer äusserst starken Kork- und Phellodermbildung zu thun haben, indem die Zahl der Korklagen die der Umgebung oft um mehr als das doppelte übertrifft, und man an dem allmählichen Uebergang dieser vielen Lagen in die umliegenden wenigen deutlich erkennt, dass grössere Vermehrung und nicht verzögerte Abstossung Ursache dieser Erscheinung ist. Abgesehen von dem äussersten, durch unregelmässige Theilung vermehrten Rindenparenchym, welches meist nach der Anlage verholzt, liegen die Rindenzellen auch dieser Stellen gewöhnlich ohne irgend welche Verschiebung ungestört, so dass der verminderte Druck hier keine Rolle spielen kann. — Auch finden sich diese Wülste und Erhebungen meist nicht auf die concaven Seiten beschränkt, sondern setzen sich auch seitlich auf die Flügel, manchmal bis über den Flügelrand hin fort, auch auf der convexen Seite findet man zuweilen ähnliche Bildungen. — Selbst in dem ganz alten unregelmässigen Holz treten diese Wülste an den verschiedensten Stellen auf, an den convexen ebensowohl wie an den concaven, der Quere nach oft auf geringe Ausdehnung beschränkt, oft ringförmig sich seitlich weit verbreitend. — Es liesse sich noch mancher Gegenbeweis anführen, doch mag es hierbei sein Bewenden haben, da selbst wenn alle diese Punkte zuträfen, und damit geringerer Druck auf der Concavseite nachgewiesen wäre, die Höhnel'sche Ansicht darin noch keine grosse Stütze erlangt hätte.

Ausser den erwähnten Zeugnissen spricht aber gegen ihn ein gewichtiger und, wie mir scheint, entscheidender Umstand. Wenn wirklich der ganze Zweig in der Jugend gewellt war, so war es auch die Aussenrinde, und folglich auch der darin befindliche Sklerenchymring. Nachweislich ist aber dieser Ring, dessen Lücken durch Steinzellen ausgefüllt sind, noch vorhanden in ziemlich alten Aesten mit starker Wellung, und zwar auch an den Flügelrändern, wo sich die Wellung schon völlig ausgeflacht hat. Da nun die Fasern in dem Flügelrande keine irgend wie bedeutende Ablenkung von der verticalen Richtung zeigen, so bleibt, falls der junge Spross gewellt war, nur noch die Möglichkeit offen, dass die schrägen Fasern nachträglich in die verticale Lage hineingedrängt sind, was mechanisch ganz undenkbar ist, da man ja nur seitliche, einseitig wirkende Kräfte zur Verfügung hat. — Man macht sich von der Unmöglichkeit am besten eine Vorstellung, indem man einen Kautschukschlauch wellig auf den Tisch legt, die Enden festnagelt, und nun versucht, durch irgend welche nur von einer Seite her wirkende Kräfte ihn in die gerade Linie hineinzupressen. Wenn also wirklich die Wellung nur eine versteinerte Nutation wäre, so müsste die Rinde, und ebenso der äussere Bast, im Flügel wellig gebogen sein; oder sie müssten sich, in ihren äusseren Partieen wenigstens, losgerissen haben, was beides nicht der Fall ist.

Wenden wir uns jetzt zu der Annahme Crüger's[1]), welcher, aus theoretischen Gründen gegen nachträgliche Verlängerung der Mitte, meint, dass die Wellung Folge der Verkürzung der seitlichen Theile sei, hervorgerufen durch Einlagerung von Parenchym in die Bast- und Sklerenchymfasermaschen und nachträgliche Parenchymbildung im Flügelholz. — Obgleich zuzugeben ist, dass diese Steinzelleinlagerung in dem Sklerenchymfaserring in den Flügeln sehr viel bedeutender ist, als in der Mitte, so können wir doch nur v. Höhnel[2]) beistimmen, wenn er es »für gar nicht denkbar« hält, »dass die dünne Bastfaser-

[1]) Detleffsen, Versuch einer mechanischen Erklärung des excentrischen Dickenwachsthums. (Arbeiten des Würzburger Instituts. II. 4. 1882.)

[2]) Kny, Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers. 1882. S. 23.

[1]) Crüger Bot. Ztg. 1850. S. 137 ff.

[2]) v. Höhnel l. c. S. 3.

schicht den derberen, vielmals mächtigeren und festeren Holzkörper beeinflusst«. Vor allem ist es aber deshalb unmöglich, weil das Parenchym sich nur ganz anfangs in Maschen einlagert, später aber die Fasern oder vielmehr Fasergruppen völlig auseinandersprengt. Sie könnten nur dann ein breitmaschiges Netzwerk bilden, wenn die Binde- oder Intercellularsubstanz zwischen den einzelnen Fasern an den Enden oder an bestimmten Stellen weit cohärenter wäre als an anderen, so dass die Fasern, trotz starker an einigen Stellen stattfindender Einlagerung, an den übrigen noch aneinanderhaften blieben, zu welcher Annahme gar kein Grund vorliegt. Auf guten tangentiellen Längsschnitten durch den Steinzellfaserring findet man demgemäss auch die Bündel nur ganz selten zusammenhängend, womit also die Zugwirkung der Bastfasern wegfällt. — Was aber Crüger's weitere Annahme, das nachträgliche Entstehen von Parenchym im Holze, betrifft, so kann mit aller Bestimmtheit behauptet werden, dass es, bis zur Ausbildung der Krümmung wenigstens, nirgends constatirt worden ist; in stark gewellten Aesten sind die eingelagerten Parenchymmassen dicht beim Centralholz ebenso gross wie an der Flügelkante, und ausserdem an gleichen Orten in jungen Aesten schon ebenso umfangreich wie in älteren, — von dem nach vollendeter Krümmung in ganz spätem Alter eindringenden, oben betrachteten, unregelmässigen Parenchym ist natürlich abzusehen.

Wenn also auch desshalb die von Crüger gegebene Entstehungsursache der Verkürzung abzulehnen ist, so könnte man doch, bei der heutigen ausgebreiteteren Kenntniss der Wachsthumserscheinungen, noch einen anderen Grund der Verkürzung für möglich halten, nämlich dieselbe Erscheinung, die sich bei der nachträglichen Verkürzung vieler Wurzeln zeigt; nach de Vries[1]) findet dieselbe ausschliesslich ihre Ursache in der nachträglichen Verkürzung des Längendurchmessers der Parenchymzellen, womit eine dieselbe compensirende Vergrösserung der Querdurchmesser der Zellen Hand in Hand geht. Dass aber auch dies hier nicht denkbar ist, beweist sowohl das Misslingen des Versuches, durch Messungen eine radiale nachträgliche Verlängerung der Flügelparenchymzellen in älteren Zuständen nachzuweisen, als auch der gerade Verlauf der sklerenchymatischen Gebilde und Gefässe, während dieselben bei den keinenfalls stärkeren Wurzelverkürzungen, wie auch mechanisch nicht anders denkbar, einen durchaus geschlängelten Verlauf besitzen. — Aus den gleichen Gründen und ausserdem aus theoretischen Erwägungen ist auch Verkürzung durch Abnahme des Turgors der Parenchymzellen undenkbar.

Es bleibt schliesslich nur die dritte Ansicht, dass die Krümmung durch nachträgliche Verlängerung der Mittelpartie entstanden ist, welche Erklärung de Bary aus theoretischen Gründen auch für die einzig annehmbare hielt. Da aber eine nachträgliche Verlängerung eines Zweiges mit so vielen verholzten Elementen etwas höchst auffallendes, und namentlich wenn man sich den Bau des Centralholzes als einzig aus verholzten Zellen bestehend vergegenwärtigt, etwas ganz allein stehendes sein würde, so waren genaue Messungen durchaus nöthig, namentlich auch, um eventuell zu entscheiden, welche Elemente activ, und welche passiv bei dem Processe thätig sind.

Um brauchbare Messungen anstellen zu können, war es nöthig, dass die verschiedenen Objecte demselben Baume angehörten, und deshalb musste IV, welches die grösste Wellung zeigte, ausgeschlossen werden. Passend erwiesen sich die Stammstücke I, II und III[1]), deren Hauptdimensionen oben schon angeführt wurden, und die alle von demselben Stocke stammen.

Vor allen Dingen war festzustellen, ob sich mit der Methode des Messens überhaupt brauchbare Resultate gewinnen liessen, ob nicht vielleicht die individuellen Schwankungen der Zellen eine derartige Menge von Messungen erforderte, dass die Aufgabe nicht zu erfüllen wäre; vornehmlich aber galt es zu constatiren, ob überhaupt die mittleren Zellengrössen in den verschiedenen Altersstadien der Pflanzen sich ziemlich gleich bleiben. Es lagen zwar Untersuchungen[2]), namentlich von Sanio vor, doch beziehen sich dieselben nur auf verschiedene Jahresringe

[1]) De Vries, Ueber die Contraction der Wurzeln. (Landw. Jahrbücher. 1880. S. 40. Fig. 1.)

[1]) Die Querschnitte vergl. Fig. 3.

[2]) Auch P. Harting (Mikrometrische Untersuchungen, übersetzt von Karl Müller, Linnaea XIX. 1847) hat viele, für unsere Zwecke aber nicht verwerthbare Messungen angestellt.

eines Querschnittes [1]), und nur in den überaus gleichmässig gebauten Nadelhölzern [2]) (*Pinus sylvestris*) auch auf gleiche Jahresringe in verschiedenen Höhen, und waren also nicht ohne weiteres zu verallgemeinern.

Die angestellten Messungen der Tabelle 1 beziehen sich auf *Vitis vinifera, Ampelopsis hederacea, Aristolochia Sipho, Bauhinia aculeata* (eine nicht rankende Form), *Fagus silvatica, Platanus occidentalis* und *Crataegus oxyacantha*. — Es wurden stets die Holzzellen in der Nähe des Markes gemessen, aber nicht die direct anstossenden, da dieselben, wie ich mich bei *Caulotretus* und *Vitis* überzeugte, oft eine weit bedeutendere Länge erreichen. Da die verschieden alten Zweige stets von derselben Pflanze genommen wurden, so waren die gemessenen Zellen ihrer Entstehung nach durch mehrere Jahre getrennt, der Zeitraum dagegen von der ersten Anlage der betreffenden Aeste bis zur Ausbildung der gemessenen Zellen war stets ziemlich derselbe; das absolute Alter der Zellen war also verschieden, das relative Alter [3]) das gleiche. Je nach der grösseren Differenz der Zellen untereinander wurde eine kleinere oder grössere Anzahl gemessen. Ein Blick auf die Tabelle 1 wird genügen, um zu zeigen, dass im ganzen eine ziemliche Gleichförmigkeit [4]) in der Grösse dieser relativ gleichaltrigen Elemente besteht, was an Pflanzen von der verschiedensten Lebensart (Ranken und Schlinggewächse, Sträucher und Bäume) constatirt wurde. Man wird also auch für andere Pflanzen a priori ziemlich gleiche Grösse für relativ gleichalterige Elemente annehmen dürfen, und zwar wohl mit um so grösserer Sicherheit, je mehr die Elemente activ betheiligt sind beim Aufhören des Wachsthums des ganzen Internodiums, also je mehr die betreffenden Zellen verholzt sind. Es sind nämlich die unverholzten Zellen in ihrer zufällig erreichten Grösse mehr oder minder abhängig von dem Zeitpunkt, wo die umliegenden verholzten Zellen ihnen die Möglichkeit des Wachsthums rauben; geht Wachsthum und Zelltheilung bei ihnen also nicht ganz parallel dem der später verholzenden Zellen, ein theoretisch leicht denkbarer Fall, so werden nothwendigerweise Grössenverschiedenheiten eintreten müssen. Dass die Grösse der Zellen wohl unabhängig ist von der Grösse der Internodien, wurde an *Vitis* constatirt, wo zwei Internodien, dicht bei einander liegend, $8\frac{1}{2}$ und 12 Ctm. maassen, während die Holzfasern keine wesentlichen Grössenunterschiede zeigten [1]).

Jetzt galt es, die Längenverhältnisse der Zellen einer Querzone im *Caulotretus*zweig zu prüfen, um Fehler auszuschliessen, die bei den Hauptmessungen durch Vergleich schon der Anlage nach verschieden grosser Elemente entstehen könnten. Von den Markzellen taugen nur die mittleren für Messungen, da die seitlichen, in der Gestalt Uebergänge zu Markstrahl- und Strangparenchym bildend, reihenweise merkliche Grössenverschiedenheiten zeigen. — Die Markstrahlzellen sind, wie ein Radialschnitt lehrt, im Centralholz im Mittel aus einer grösseren Anzahl ziemlich gleich, im Flügelholz werden sie plötzlich ganz bedeutend kleiner, wohl fast um die Hälfte; sie zeigen dann aber im Verlauf nach aussen im ungewellten Flügel keine grossen Unterschiede, werden nach aussen hin aber, wie es scheint, in breiteren Flügeln beträchtlich länger. Gleiche Verhältnisse, aber wohl etwas unregelmässiger, treten auch bei den Parenchymzellen, den Gefässgliedern und den Krystallschläuchen des Flügelholzes auf. — Um den wesentlichsten Factor, die Holzfasern zu messen, wurden aus dicken macerirten Radialschnitten stets Partien von c. 10 Zellen genommen, so dass diese Messungen einen ziemlichen Ueberblick über die Grössenverhältnisse geben. Aus Tabelle 2 erkennt man leicht, dass in der Nähe vom Mark und Centralholz eine Strecke, die ziemlich gross ist, fast bis an den äusseren Rand des Centralholzes reichend, die Holzelemente, selbst in kleinen Partien gemessen, keine sehr bedeutenden Unterschiede zeigen; dass dagegen im Flügelholz die Zellen nicht nur sehr viel grösser sind, sondern auch sehr viel unregelmässiger werden, so dass dort schwerlich brauchbare

---

[1]) Sanio (Pringsh. Jahrb. IX. S. 55) gibt für Laubhölzer einzig von *Betula pubescens* einige wenige Messungen für gleiche Jahresringe in einem 15 M. hohen Stamm, wo die Mittelwerthe von Libriformfasern und Tracheiden übereinstimmend mit unseren in Tabelle 1 gegebenen Daten nur geringe Schwankungen zeigten.

[2]) Sanio (Pringsh. Jahrb. VIII. S. 401, cf. auch de Bary l. c. S. 520 ff.)

[3]) gerechnet in Bezug auf die Entstehungszeit des primären Holzes der betreffenden Querzonen.

[4]) Die von Sanio für *Pinus* constatirte langsame Grössenzunahme und darauf folgende Abnahme relativ gleichaltriger Tracheiden ist einerseits zu geringfügig, andererseits zu spät und langsam auftretend, um hier in Betracht zu kommen.

[1]) Vergl. Tabelle 6 B. Auch Harting l. c. kam zu demselben Resultate, jedoch ohne Holzfasern gemessen zu haben.

Messungen auszuführen sein werden [1]). Innen dicht am Mark sind viele Zellen auffallend lang, offenbar der oben beschriebenen ersten Anlegung des Holzringes ihren Ursprung verdankend. Der Bast hat nicht nur ganz unregelmässige Zellen, sondern auch so lange, dass deren Präparation mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. — Da natürlich nur die in Dauerzustand übergegangenen Zellen brauchbar sind zur Vergleichung, weil ja die übrigen sich mit zunehmender Verlängerung beliebig theilen können, so kamen ausser den Holz- und Markzellen nur noch die Bastfasern, die sich als untauglich erwiesen, die Korkzellen, bei denen ein Resultat wegen Abwerfung des Periderms nicht zu erwarten war, die verholzten Markstrahlzellen, bei denen Theilung wenigstens unwahrscheinlich und mikroskopisch nicht constatirbar war, und schliesslich die Rindensteinzellen in Betracht, insofern sie aneinander schliessende Schichten bilden, was ja im Rindenfaserring stattfindet. Da aber bei zunehmender Dicke sich in die Lücken neue verholzende Zellen, fast immer von innen, einlagern, so war zu prüfen, ob dadurch nicht die Zuverlässigkeit der Messungen störende Fehlerquellen entständen. Es stellte sich aber heraus, dass die innen angrenzenden Rindenparenchymzellen in den verschiedenen Stadien gleiche Grösse bewahren, also die eventuell mittlere Längenzunahme der Steinzellen wohl herabzudrücken, nicht aber die Gesetzmässigkeit zu stören vermögen. Auch die äusseren Rindenzellen, obgleich bei der Einlagerung nur wenig in Betracht kommend, zeigten wenigstens an der für uns allein wichtigen Schmalseite des Holzes keine bedeutenden mittleren Längenverschiedenheiten.

So waren demnach zu messen verholzte mittlere Markzellen, verholzte Markstrahlzellen des Centralholzes, Steinzellen im Sklerenchymring (als Hilfsmessungen dazu innere und äussere Rindenparenchymzellen), dann Holzfaserzellen des Centralholzes mit Vermeidung der dem Marke und dem Flügelholze anliegenden Theile, und endlich eventuell die Korkzellen.

Tabelle 3 gibt die hier an den Zweigstücken I, II und III gefundenen Resultate. Die Zellen wurden, meist einzeln, gemessen, und die Zahlen stets dekadenweise addirt, um so einen Ueberblick über die individuellen Differenzen zu erhalten, und es zeigte sich hier schon meist sehr grosse Uebereinstimmung untereinander, so dass die grössten Differenzen der Dekaden aus derselben Messung nur ganz ausnahmsweise an die schliesslichen Differenzen der Mittelwerthe der zu vergleichenden Elemente in den stark und wenig gewellten Stücken heranreichten. Die Zahl 100, die den Messungen zu Grunde gelegt wurde, ist also bei weitem ausreichend; auch konnten bei den Markstrahlen wegen der regelmässigen Anordnung derselben ohne grosse Mühe 300 gemessen werden. Erschienen irgendwo in den Dekaden einmal grössere Differenzen, so wurden 50 oder 100 Zellen noch zur Controle hinzugemessen. — Während bei I die durch Wellung hervorgerufene Vergrösserung des Mitteltheiles im Verhältniss zu der Grösse der nicht gewellten Flügeltheile sehr gering ist, verhält sich bei II die Grösse von Mitteltheil zu Seitentheil wie 15 : 13, bei III wie 4 : 3; es müssten also, falls die Verlängerung Ursache der Wellung ist, die verholzten Elemente des mittleren Theiles in demselben Verhältniss grösser geworden sein. Da in I der Zweig eben erst anfängt, sich zu krümmen, so würde er einen jüngeren Zustand darstellen wie II und III (auch aus der Flügelgrösse zu schliessen), folglich würden auch die Elemente des Mitteltheiles von I kürzer sein müssen als die von II und III, um so grösser die Differenz, je mehr das Vergleichsobject gewellt ist. Dies wird durch die Tabelle bestätigt, indem sich in den Marksteinzellen, Markstrahlen und Holzfaserzellen I : II : III = 13 : 14 : 17 verhalten, dem Verhältniss 13 : 15 und 3 : 4 annähernd entsprechend.

Dass sich in den Sklerenchymzellen der Schmalseite in den drei Stadien ein etwas geringerer Unterschied findet, ist durch die fortgesetzte mit dem Dickenwachsthum verbundene Einlagerung von stets ihre ursprüngliche Grösse beibehaltenden Rindenzellen hinlänglich erklärt; denn wenn auch an der Schmalseite das Dickenwachsthum nicht sehr bedeutend ist, so hört, wie oben gezeigt, dasselbe doch nicht auf, wie man auch an der grösseren Menge zwischen die Bastfasern eingelagerter Steinzellen im Querschnitt älterer Stadien erkennt. Jedenfalls weist die Grössenzunahme der Steinzellen in dem älteren Stücke entschieden auf eine Verlängerung hin, namentlich beim Vergleich mit den Steinzellen der

[1]) Es wurde dort unter anderem auch ein Monstrum einer Holzfaser hervorgezogen, welche, obgleich abgeschnitten, noch über 1 Ctm. maass.

Flügelkante, die mit zunehmendem Alter eine geringe Grössenabnahme zeigen, die durch die, in den Flügeln jedenfalls stärkere Einlagerung des kleineren und mit dem Alter in den Flügeln an Grösse abnehmenden äusseren Rindenparenchyms zu erklären ist. Die Steinzellen der Schmalseite verhalten sich in I : II : III = 13 : $13^3/_4$: $15^1/_2$. — Gerade durch den Vergleich mit den analogen Elementen im nicht gewellten Flügelrand sind diese Rindensteinzellen besonders interessant, indem hier recht genau die makroskopische Längendifferenz zwischen Flügel und Mitteltheil auch in der Zellengrösse ihren Ausdruck findet, indem sie in I fast gleich sind, in II sich ungefähr wie 13 : 15, in III wie 3 : 4 verhalten; trotz der durch Einlagerung kleinerer Zellen bewirkten Herabdrückung des Durchschnittsmaasses der Steinzellen des Mitteltheiles erleidet also das Grössenverhältniss zwischen Flügel und Schmalseite in Bezug auf diese Zellen keine Veränderung, indem das Maass der kleineren Flügelsteinzellen durch die weit beträchtlichere Neueinlagerung in demselben Verhältniss herabgedrückt wird.

Aus der Tabelle ist zugleich ersichtlich, dass die Korkzellen dem späteren Wachsthum nicht folgen, sondern sogar im höheren Alter eine kleinere Längendimension zeigen, was mit dem durch die fortwährende Peridermabwerfung [1]) nöthig gewordenen Neuzuwachs im Zusammenhang zu stehen scheint; dass Hand in Hand mit der Korkbildung und Abwerfung die Zellen kleiner werden, geht namentlich aus der schon bei I bedeutenden Grössendifferenz der Korkzellen von Flügel und Mitte hervor. Vor der Flügelbildung haben die Korkzellen ringsum nachweislich gleiche Grösse, und zwar übersteigt dieselbe noch um etwas die Grösse der Schmalseitenkorkzellen von I. Man kann hier also als Regel aufstellen: Je länger im ganzen die Peridermbildung schon stattgefunden hat, je mehr Korkschichten also abgeworfen sind, desto geringer wird die Längsausdehnung der neugebildeten Zellen. Die Tangentialgrösse dagegen hält sich merkwürdig constant, ziemlich genau der Längenausdehnung der Schmalseitenkorkzellen von I entsprechend, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, dass die mit stärkerem Dickenwachsthum vermehrte Spannung und Dehnung der Grössenabnahme in tangentialer Richtung entgegenwirkt. — Die fast doppelt so kleinen Radialseiten scheinen sogar mit dem Alter etwas an Grösse zuzunehmen, doch genügt die Anzahl der Messungen nicht zur sicheren Constatirung dieser geringen Unterschiede.

Ueber die äusseren und inneren Rindenparenchymlagen, die übrigens nur in der Mitte der Schichten constante, vergleichbare Zellen besitzen, ist zu bemerken, dass die Zellen an der Schmalseite ziemlich genau ihre Grösse beibehalten; im Flügel dagegen nur die inneren Rindenzellen, während die äusseren, schon in jungen Aesten kleiner als die entsprechenden der Schmalseite, mit dem Alter beträchtlich an Länge abnehmen, was wie beim Kork möglicherweise mit der durch die viele Peridermbildung nöthig gewordenen Zelltheilung zusammenhängt. Hand in Hand damit geht bei beiden Parenchymschichten eine starke tangentiale Dehnung in den Flügeln, im Gegensatz zu den Schmalseiten, während die radiale Ausdehnung der Zellen in allen Stadien im Flügel und in der Mitte ziemlich gleich zu bleiben scheint.

In welchem Zeitpunkt tritt dies nachträgliche Wachsthum auf?

Wurde durch die Zahlen der Tabelle 3 eine nachträgliche Verlängerung des mittleren Theiles constatirt, so knüpfte sich besonderes Interesse an die Frage, ob hier nach völligem Schluss der grossen Längenwachsthumsperiode später plötzlich das Längenwachsthum von neuem beginnt. Andererseits liegt die Möglichkeit vor, dass dies Wachsthum nur das letzte ganz allmähliche Erlöschen der grossen Periode darstellt.

Da wegen der ungeheuren Länge der Lianen nicht zu hoffen war, einen Spross zu erlangen, der von dem Vegetationspunkt in allmählicher Dickenzunahme bis zu gewellten Regionen reicht, so konnte die Frage auf diesem Wege nicht entschieden werden; wenn sich aber beweisen liess, dass auch die noch nicht gewellten Theile noch weiter wachsen' und zwar von dem Anfang der Verholzung an' soweit sich verfolgen lässt, so lag für die zweite Ansicht, dass nämlich die Wellung auf langsamem Erlöschen der grossen Wachsthumsperiode beruhe, eine fast an Gewissheit grenzende Wahrscheinlichkeit vor.

Ein sehr geeignetes Untersuchungsobject

[1]) In jüngeren Stadien werden nur Korkschichten mit dem Dickenwachsthum des Zweiges abgesprengt, erst bei starker Wellung ist Schuppenborke bemerklich, wodurch also auch Rindenzellen abgesprengt werden.

bildete ein von Fr. Müller gesandter $4^1/_2$M. langer Spross, der oben, wo die Verholzung beginnt, rund ist und von 1,5 Mm. Durchmesser, unten, wo sich der Zweig an den dicken Tragspross ansetzt, an zwei Seiten schon flügelartige Ausbreitungen besitzt, so dass seine Durchmesser hier 2 und 4 Mm. sind; der Ursprung der Flügel lässt sich bis hoch hinauf verfolgen. Das Tragstück, der dicke Ast, an welchem der Spross sitzt, ist je nach den verschiedenen Stellen 3 und $3^1/_2$ Ctm. breit, 1 Ctm. dick, in der Mitte gewellt, mit einer Wellenamplitude von 1—$1^1/_4$ Ctm., während der Spross keine Spur von Wellung zeigt. In dem gewellten Tragstück verhält sich die Länge des Flügelholzes zu der der Mitte wie 7 : 8; der Durchschnitt der Internodienlänge ist daselbst 4 Ctm.; die übrigen Werthe findet man in Tabelle 4. Der Spross ist, wie Zweigansatzstellen und Internodiengrösse zeigen, ein aus sechs Stücken bestehendes sympodiales Gebilde, deren Gliedsprosse von unten an die Grösse 18, 185, $102^1/_2$, 118, $12^1/_2$ und $6^1/_2$ Ctm. zeigen, mit dem letzten Abschnitt in Zusammenhang noch ein wenige Centimeter grosses unverholztes Stück. Die sympodiale Ausbildung muss schon sehr früh nach Verlust der betreffenden Zweigspitzen eingetreten sein, wie der regelmässige Verlauf der Flügel, die gleichmässige Dicke des Sprosses und der kleine Durchmesser der abgebrochenen früheren Sprossenden beweist, so dass er also in den Messungen als einheitliches Gebilde aufgefasst werden darf. Aus verschiedenen Umständen lässt sich schliessen, dass dieser Zweig ein verhältnissmässig langsames Grössen- und namentlich Dickenwachsthum besass, wodurch er für unseren Zweck ein besonders geeignetes Object ist.

Die Messungen (Tabelle 4) wurden angestellt a) im gewellten Basalstück; b—f im Spross und zwar: b) 5 Ctm. von unten, c) 100 Ctm., d) 323 Ctm., e) 423 Ctm., f) 442 Ctm. (am Ende der Verholzung), indem aber auch hier die betreffenden Elemente noch deutliche Holzreactionen zeigten. Nur das Mark war in b), c) und e) nicht verholzt, zeigte deshalb auch durch Eintrocknung Querrisse, welche das Resultat der Messungen durch Herabdrückung der mittleren Zellengrösse hier ungenau machten. Daneben wurden Holzfaserzellen des Centralholzes gemessen, und Steinzellen der Schmalseite, wo wegen des geringen Dickenwachsthums des Sprosses verhältnissmässig geringe nachträgliche Parenchymeinlagerungen stattfanden. Die Steinzellen waren in diesem Sprosse freilich nur mässig dicke, verholzte Parenchymzellen. Die Messung an der Spitze ist unsicher, weil daneben im Mittel etwas grössere verholzte Zellen im Parenchym lagen, von denen ungewiss ist, ob sie zu dem Ring zu rechnen sind. — Auch die Glieder der Tüpfelgefässe des Centralholzes wurden in Betracht gezogen, ferner in denselben die Entfernung der Tüpfelspalten von einander, dann die Markstrahlen, welche bei e) einige Unregelmässigkeiten zeigen, indem hier einige Theilungen nicht zur Ausführung kamen, und dadurch anormal lange Zellen entstanden; im Bast der Schmalseite wurden dann auch die Kammern der Krystallschläuche gemessen, endlich einige Bastfasern, um die schwankenden Längenverhältnisse derselben zu zeigen, und dann wieder die Korkzellen, welche dieselbe Abnahme zeigen wie in I, II und III Tab. 3.

Um zu beweisen, dass auch in Stümpfen der abgebrochenen Zweige, so lange das Leben der Zellen nicht erlischt (Stärkegehalt), ein Wachsthum der Zellen stattfindet, wurde auch in zweien derselben, deren Endstück jedenfalls sehr früh abgebrochen war (Beweis Callus, kleiner Durchmesser und Mangel jeglichen Flügelansatzes), das Mark gemessen, dessen Zellen sich sogar grösser zeigten, als die der anliegenden Stellen des Tragsprosses (vielleicht ist die stärkere Verlängerung durch Verminderung des Druckes zu erklären).

Mit grosser Deutlichkeit geht aus Tabelle 4 hervor, dass in der That, trotz Verholzung, von Anfang an, also im Anschluss an die grosse Wachsthumsperiode, eine Verlängerung gewisser Elemente sich zeigt, welche den ganzen Zweig zur Streckung zwingt.

Welche Elemente sind activ, welche passiv bei der Verlängerung betheiligt?

Passiv gedehnt werden jedenfalls alle Zellen, die keinen lebenden, protoplasmatischen Inhalt mehr besitzen, und doch in älteren Stadien grössere Länge zeigen als in jüngeren; also in unserem Falle besonders die Gefässe, möglicherweise auch die Tracheiden, die wegen ihrer sehr differirenden Länge nicht untersucht wurden. — Sowohl die Zunahme der Gliederlänge als auch der Tüpfelabstände in den sehr regelmässig gebauten Centralholz-

gefässen zeigte diese nachträgliche Verlängerung. Wenn v. Höhnel gegen de Bary's Annahme bemerkt, dass die Gefässe bei den Ausdehnungen Zerreissungen zeigen müssten, so sei einerseits darauf hingewiesen, dass ja in allen Pflanzen die primären Gefässe starker Dehnung unterliegen, andererseits ist dieser Einwurf durch die Messungen hinfällig geworden, indem hier ja Vergrösserung an den einzelnen Gliedern ohne Zerreissung constatirbar ist. Ueber den Einwurf v. Höhnel's in Betreff des Markes ist genau dasselbe zu bemerken. Gleichfalls passiv gedehnt werden auch die Krystallschläuche mit ihrem offenbar abgestorbenen Inhalte, die zwischen Sklerenchymfasern und lebendem Parenchym eingeklemmt, jedenfalls von letzterem mitgezerrt werden, mit den schwachen, dünnen Wänden der Zugwirkung nur wenig Widerstand entgegensetzend. Ob die langen Fasern des Flügelholzes und des Bastes, die bald nach ihrer Entstehung sich fast bis auf einen Spalt verdicken, auch hierher gehören, lässt sich bei ihrer schwankenden Grösse nicht feststellen. Theoretische Erörterungen, namentlich die unten zu betrachtende Function dieser langen Fasern, dann die Erwägung, dass die Elemente überall mit wachsenden Zellen in enger Berührung und zu starkem Widerstande jedenfalls zu schmächtig sind, machen die passive Dehnung wahrscheinlich. — Als völlig jeder Dehnung widerstehend sind wohl die Steinzellen in ihren allerältesten Stadien zu betrachten, sobald sie einen gewissen, sehr starken Grad der Verdickung erlangt haben; ein bestimmter Grad der Verdickung kann jedenfalls überwunden werden, wie die Rinden- und Marksteinzellen (in Tabelle 3) zeigen, wo nur deutlich verdickte Zellen berücksichtigt wurden.

In vollem Sinne activ, selbstthätig sich dehnend, sind jedenfalls alle Parenchymzellen (möglicherweise mit Ausnahme des eingeschlossenen Rindenparenchyms), auch die Markstrahlzellen, gleichgiltig, ob verholzt oder nicht. Ohne Mitwirkung von verholzten Zellen wäre im Centralholz, wo ja das stärkste nachträgliche Wachsthum stattfindet, überhaupt keine Dehnung möglich, da dort ja bis auf die dünne Markscheide und einige Marklängsreihen alles verholzt ist. — Ob die Centralholzfaserzellen in sich selbst einen Ueberschuss von ausdehnenden Kräften besitzen, oder ob sie ohne Mithilfe anderer Zellen sich nicht würden ausdehnen können, ist nicht zu entscheiden; mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich aber behaupten, dass die ausdehnenden Kräfte nahe an die entgegenwirkenden herankommen müssen; denn für die Markstrahlen des Centralholzes, von denen eine Radialreihe auf ca. 6—8 Holzfaserreihen kommt, würde es ein Ding der Unmöglichkeit sein, allein diese grosse Masse durch den Ueberschuss eigener Kräfte zu dehnen, ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, welche der Zusammenhalt der Holzzellen und die Dehnung der durch mehrere Zellen von den Markstrahlen getrennten Reihen verursachen würde.

Bei der Ausdehnung wenigstens theilweise selbstthätig werden (da sonst Längenzunahme im Innern des Markes schwer vorstellbar) auch die nicht gar zu stark verdickten, Zellinhalt und Stärke führenden Steinzellen des Markes, sowie auch der Rinde sein; sie durchlaufen also mit allmählich zunehmender Verdickung die Stadien vollactiver Streckung, theilweise activer Streckung und Aufhören der Streckung, welcher Weg übrigens allen stark verdickten und verholzten Zellen aller Pflanzen gemeinsam sein muss, wobei oft freilich das zweite oder dritte Stadium nicht zur Geltung kommt; alle dünnwandigen Zellen dagegen werden die Stadien vollactiver, theilweis activer und passiver Streckung durchlaufen; Uebergänge und Combinationen dieser zwei Entwickelungsrichtungen sind selbstverständlich.

Wo findet nur Dehnung, wo auch Wachsthum (Stoffeinlagerung) statt?

Dass die Elemente ohne Zellinhalt nur gedehnt werden, ist nach den herrschenden Wachsthumstheorien selbstverständlich [1]); die Zellen mit protoplasmatischem Zellinhalt wachsen in unserem Falle sämmtlich, was man daran erkennt, dass die Wanddicke der verholzten Zellen nicht nur nicht abnimmt, sondern bei Mark- und Rindenzellen deutlich, bei den Holzfaserzellen eben merklich zunimmt. Nicht nur sind in III fast alle Markreihen verholzt, in II deutlich mehr als in I, wo noch ein Drittel unverholzt ist, sondern auch die mittlere Dicke der Holzwände ist in III weit beträchtlicher als in II, während dagegen das Maximum der Wanddicke (Zellen, die jedenfalls dem Aufhören der Streckung nahe sein werden) nicht sichtbar differirt.

[1]) die Gefässe werden unten besprochen.

Verhalten des Flügelholzes zu der Wellung.

Um über das Verhalten des Flügels einigen Aufschluss zu erhalten, wurden an dem Stück IV der Sammlung, welches die stärkste Wellung zeigte (das Längenverhältniss von dem gewellten Theile zu dem ganz geraden Rande = 10,5 : 7), von mehreren aus verschiedenen Theilen des Flügelholzes entnommenen Proben, die sehr kurzen paratrachealen Parenchymzellen, dann die freilich nicht sehr gleichmässigen Krystallschlauchkammern, und die Gefässglieder, ausserdem von III Markstrahlen und Strangparenchym gemessen, und ein Resultat (s. Tab. 5 A) erhalten, welches, wenn es auch eine unbedeutende Verlängerung der Krystallschläuche und des Parenchyms nach der gewellten Mitte hin zeigte, doch durchaus nicht dem Verhältniss 7 : 10,5 (IV) oder 3 : 4 (III) entsprach. — Dieser Widerspruch ist nun freilich leicht erklärbar durch die bei zahlreichen Hölzern constatirte und auch bei *Caulotretus* an kleinen geraden Stücken bestätigte Längenzunahme der Elemente nach aussen (die hier also durch die nachträgliche Verlängerung innen kaum ausgeglichen wird); die nachträgliche Verlängerung der mittleren Flügeltheile konnte jedoch demnach auf diese Weise nicht zur Anschauung gebracht werden, musste daher an relativ gleichzeitig angelegten Elementen constatirt werden, wozu der lange Spross gutes Material gab. Tabelle 5 B zeigt von a) und b) die Messungen von Markstrahlen, Krystallschlauchkammern und Tüpfelspaltabständen von dicht an dem Centralkörper befindlichem Flügelholz, welche Elemente ziemlich genau dieselben Verlängerungen zeigen wie das Centralholz. — Dass auch eine active Verlängerung der innen ganz dicht an das Centralholz grenzenden Holzfasern nicht ganz ausgeschlossen ist, beweisen spärliche Stärkereste in denselben, die bei II, b) und d) beobachtet werden. Dass die Stärke aber selbst in dem grossen nicht gewellten Spross, wo die kleinen Flügelansätze der Verlängerung gefolgt sind, so selten und zerstreut ist, obgleich Centralholz und Flügelmarkstrahlen davon strotzen, zeigt, zugleich mit der späteren, nach dem Centralholz hin zunehmenden Krümmung, dass jedenfalls das Centralholz der Sitz der Verlängerung ist, und die Flügel je nach Ausbildung der Fasern mehr oder weniger Widerstand leisten. — Durch diesen Widerstand muss allmählich der Mitteltheil sich wellig ausbauschen, was, wie der Augenschein lehrt, so geschieht, dass die Seitenzweigansätze stets ziemlich auf den Wellenbergen zu stehen kommen. Dass für den Ort der Wellenberge nicht die Zugwirkung der Seitenzweige maassgebend ist, wird dadurch bewiesen, dass auch, wo die Zweige ganz jung abgebrochen sind, die Wellung die gleiche ist; auch zeigt dieser Umstand, dass auch der Saftbewegung aus den Seitenästen und der dadurch an den betreffenden Stellen etwa bewirkten Stoffvermehrung kein zu grosses Gewicht beigelegt werden darf. Uebrigens ist die Stellung der Seitenäste auch nicht von fundamentaler Bedeutung für die Wellung, da bei kleinen Internodien die Wellung dieselben völlig vernachlässigt. Der Zweig ist eben gezwungen, Wellenform anzunehmen; es mag deshalb vielleicht eine geringe Structurverschiedenheit an bestimmten Stellen genügen, um hier eine Ausbiegung zu veranlassen.

Zusammenfassung.

Um noch einmal kurz die Resultate der Untersuchung zusammenzufassen, so hat sich, als langsames Ende der grossen Wachsthumsperiode, ein selbst nach eingetretener Verholzung fortgesetztes Wachsthum der mittleren Theile gezeigt, an dem alle Elemente mit nachweisbarem protoplasmatischen Inhalt theilnehmen, während die übrigen grösstentheils der Dehnung folgen. Activ thätig (voll oder theilweise activ) sind das Parenchym, die Markstrahlen, die Centralholzfaserzellen und auch die mässig verdickten Mark- und Rindenzellen; die übrigen Elemente werden theils passiv gedehnt, theils sind sie überhaupt nicht dehnbar. Hand in Hand mit der Ausdehnung geht bei den lebensthätigen Zellen nachweisbare Substanzvermehrung der Membran, so dass der *Caulotretus*zweig trotz Verholzung der meisten Zellen alle Merkmale eines noch wachsthumsfähigen, jugendlichen Pflanzentheiles zeigt.

Nur der Mitteltheil zeigt dieses andauernde Wachsthum, während die seitlich neu hinzutretenden Flügeltheile dasselbe nicht, oder doch nicht in dem Maasse besitzen, indem in den äusseren Theilen des Flügels, wie bei den meisten Pflanzen, mit der Verholzung die Wachsthumsfähigkeit erlischt. Die Wellung ist weiter nichts als eine Consequenz der Zugwirkung des inneren Theiles und des Widerstandes der Flügelpartien. Bei langsamem

Dickenwachsthum und folglich spärlichem Flügelansatz überwiegen die ausdehnenden Kräfte des Centralholzes und eventuell des Flügelparenchyms; die Flügel folgen der Verlängerung. Je stärker der Flügelansatz, also je schneller das Dickenwachsthum, desto mehr Widerstand wird den Zugkräften geleistet. Ist der Flügel dünn und gross, so werden innen die ausdehnenden, aussen die widerstehenden Kräfte siegen, und die Folge wird eine starke Wellung sein. Setzt sich der Flügel gleich mit breiter Fläche an, so wird die Ausdehnung sehr erschwert, also die Wellung geringer werden. Umfasst das Aussenholz völlig das Centralholz, so wird gar keine Wellung entstehen können, sondern, so lange das Aussenholz dünn ist und die ausdehnenden Kräfte überwiegen, wird sich der Zweig einfach verlängern, oder Bogenform annehmen; je dicker das Aussenholz wird, desto mehr wird die Längenzunahme sich vermindern bis zum völligen Erlöschen. Alle diese Modificationen können durch Beispiele belegt werden, und so lösen sich die oben erwähnten scheinbaren Widersprüche, dass bei dünnen, grossen Flügeln starke Vertiefungen, bei kleinen dünnen und grossen sehr dicken, umfassenden Flügeln dagegen oft gar keine Vertiefungen sich finden.

Analoge Fälle.

Naheliegend ist die Erwartung, dass wenn *Caulotretus* vielleicht auch diese Verlängerung des Wachsthums am ausgezeichnetsten zeigt, er doch nicht ein so ganz vereinzeltes [1]) Beispiel sein wird. — Es wurde deshalb zuvörderst die Litteratur über *Bauhinia* durchgesehen. Aublet [2]) bildet eine *Bauhinia* (*Caulotretus*) *guianensis* ab (ausserdem noch eine andere sich ebenso verhaltende Art), deren nicht mehr junger, sehr dünner Zweig bandartig und gewellt ist, die Flügel aber völlig der Wellung folgend; da seine Abbildungen ziemlich sorgfältig zu sein scheinen, so würde dies jedenfalls ein schlagender Beweis gegen v. Höhnel sein, indem also hier trotz vorhandener Rückenspannung doch keine Verflachung der Flügel eintritt [3]). Nach unserer Erklärung lässt sich aber die Bildung leicht verstehen, indem einfach die Flügel entweder erst später, nach vollendeter Wellung, angelegt sind, oder mit an dem nachträglichen Wachsthum theilgenommen haben. Die einfach gerade Streckung nach der Art unseres langen Sprosses wird bei diesem schmächtigen Zweig wohl verhindert durch die starken, auch abgebildeten Ranken, die jedenfalls an diesem Zweige in grosser Menge Stützen gefunden haben müssen, da derselbe, weil Früchte tragend, aus dem Gipfel des Baumes ist; die noch flügellosen Seitenzweige dieses Astes, z. Th. fructificirend, zeigen keine (vielleicht besser noch keine) Wellung.

Dass auch die südasiatische Section *Phanera* gleiche Verhältnisse zeigt wie *Caulotretus*, beweisen die trefflichen Abbildungen von *Phanera anguina* in Rheede's Hortus malabaricus [1]) zugleich mit der Beschreibung, wo uns namentlich die mit Crüger's Angabe übereinstimmende Stelle: »suntque (stipites) praeterea secundum longitudinem hinc inde fissi« interessirt, was keinesfalls auf die späteren unregelmässigen Wachsthumserscheinungen gehen kann, da er nach der sonstigen Beschreibung ein jüngeres Stadium vor sich hatte. Auch diese häufig in den Flügeln auftretenden Längsspalten der gewellten Stücke finden in dem Widerstreit der sich ausdehnenden inneren und der widerstrebenden äusseren Elemente eine einfache und natürliche Erklärung.

Weit wichtiger für uns ist Rumph's [2]) Beschreibung der *Phanera lingua*, die uns vielleicht Aufklärung giebt über andere merkwürdige Erscheinungen der Lianen. Das wesentliche soll hier wiedergegeben werden. »Maximus ac mirabilissimus funis est Folium Linguae, qui vulgo pedis crassitiem habet, atque non perfecte rotundus sed angulosus est, acsi bini funes sibi adcreti essent; tali crassitie juxta adstantes ascendit arbores, quum in multos laterales dividitur ramos, ex rotundo compressos, et ab utraque parte prominens formantes dorsus. Hi laterales rami formant gyros, atque saepe adeo intricati sibi innectuntur plurimis gyris ac sinibus, acsi per hominum manus et arte ita essent formati, ita ut verum nodum gordium constituant. Reliqui sibi non ita impliciti multos formant

[1]) Wie schon oben bemerkt wurde, zeigt auch *Rhynchosia*, eine andere Papilionacee, diese Wellung in schwachem Maasse. (Crüger l. c. 1850. S. 127.)

[2]) Aublet, Histoire des plantes de la Guiane française. 1775. III. Tafel 144—145.

[3]) Auch entsprechen hier meist $1\frac{1}{2}$ oder noch mehr Wellungen einem Internodium, ein Beweis gegen v. Höhnel's Annahme und für die Abhängigkeit der Wellengrösse von inneren Ursachen.

[1]) Rheede, Hortus malabaricus. 8, Taf. 31. p. 57. 1783.

[2]) Rumph, Herbarium amboinense. Lib. VII. p. 1. Taf. I.

volvulos instar cochleae, alii instar serpentis sese erigentis assurgunt. Ramuli seu rachides hic et illic nodos quosdam, sed nullos formant gyros«. Es folgt noch eine drastische Beschreibung der Schlangenwindungen und Kreise des unteren Stammtheiles. — Unten besitzt also der Stamm die unregelmässigen Bildungen unseres ältesten Stadiums, die Seitenzweige sind abgeflacht. Alle Zweige bis auf die ganz jungen (ramuli) zeigen Schlingen und bilden Kreise, wenn sie nicht schlangenförmig gewellt sind; auf der Abbildung folgen die sehr wenig flachen Flügel den Krümmungen. — Wir haben hier also ein Beispiel, wo Wellung und unregelmässige Schlingen- und Kreisbildung sich gegenseitig ersetzen; und will man hier das eine auf bestimmte Wachsthumsursachen zurückführen, so muss man auch das andere damit in Verbindung bringen [1]).

Diese Verschlingung der rankenden Lianen wurde von fast allen Reisenden in den Tropenländern beschrieben, so spricht z. B. Netto [2]) von den Guirlanden, welche diese Lianen bilden, von den »courbes capricieuses« etc. Aug. de Saint-Hilaire sagt: »quelques lianes ressemblent à des rubans ondulés; des autres se tordent ou décrivent de larges spirales, elles pendent en festons, serpentent entre les arbres, s'élancent de l'un à l'autre« etc.; von welchen Erscheinungen nach den angegebenen Einzelheiten zu urtheilen jedenfalls das meiste auf die rankenden Lianen fallen wird. — Auch Crüger berichtet ähnliches und macht auf die vielfachen Torsionen aufmerksam, die fast allen diesen Lianen zukommen. — An einigen Stücken der Sammlung konnte ich dasselbe beobachten, und möchte hier die Vermuthung aussprechen, dass eben diese Torsionen in Gemeinschaft mit dem anhaltenden Wachsthum und dem Widerstand der Ranken und Stützen die Ursachen dieser unregelmässigen, oft »kabelartigen«, oft »schneckenförmigen« Windungen sind, indem nach Crüger junge Pflanzen diese Biegungen nicht zeigen sollen. — Fasst man einen Gummischlauch mässig gespannt an den zwei Enden, und ersetzt die nachträgliche Verlängerung dadurch, dass man die Hände einander nähert, also die Entfernung der festen Punkte vermindert, so macht der Gummischlauch einen Bogen (resp. eine Wellung); tordirt man aber vorher den Schlauch, so entsteht bei weicherem Material eine völlige Schleife, bei etwas zäherem aber ein schneckenartig oder spiralförmig gekrümmter Bogen. — Crüger sucht diese Erscheinungen der Lianen auf nachträgliche Verkürzung zurückzuführen, was ja nach obigem für *Caulotretus* sich als unrichtig erwiesen hat, während bei den übrigen Lianen, selbst bei den allerunregelmässigsten, die Unmöglichkeit in jedem Specialfalle leicht zu erweisen ist, was hier jedoch zu weit führen würde. Auch die durch Crüger verbürgte Thatsache, dass ältere Zweige sich so oft losreissen und am Boden liegen, findet durch unsere Annahme verlängerten Wachsthums ungesuchte Erklärung, ebenso wie die mannigfaltigen Gestaltungen der Lianen [1]).

Es stand mir leider zur näheren Prüfung dieser interessanten Fragen kein passendes Material zur Verfügung. Nur an der *Bauhinia* sp. wurden an der Spitze und 20 Internodien (180 Ctm.) tiefer die Holzreaction zeigenden Centralholzfaserzellen und die hier ganz dünnwandig gebliebenen, sehr stärkehaltigen Markzellen, ausserdem die Markstrahlen gemessen (Tab. 6 A). Die Holzfaserzellen und Markstrahlen zeigten einige Verlängerung, während die Markzellen sich wohl noch weiter getheilt haben müssen, falls nicht Unregelmässigkeit im Wachsthum vorliegt, was im Gewächshaus nie ausgeschlossen ist. — Obgleich die verholzten Theile hier zwischen den gemessenen Partien nur eine Verlängerung von 14 : 15 zeigten, so wurde doch, in Ermangelung geeigneteren Materiales, versucht, nach der Sachs-Kraus'schen Isolirungsmethode in den schon verholzten oberen Partien Turgor zu constatiren. Bei einem 5 Ctm. langen Stück hatte nach Isolirung und mehrstündigem Liegen in Wasser:

Rinde + Epidermis ungefähr die ursprüngliche Grösse behalten, Centralholz Verlängerung 0,5 Mm.

Bei einem 2 Ctm. langen Stück war:

Holz + Rinde + Epidermis etwas nach aussen

---

[1]) Noch deutlicher wird die Zusammengehörigkeit welliger, bogiger und spiraliger Bildungen aus der Abbildung von *Parrana major*, *Faba marina*, Lib. VII, Taf. IV, ebendaselbst. Vergl. auch die lehrreiche Abbildung von *Caulotretus* in Duchartre, Elements de Botanique. p. 235.

[2]) Netto, Comptes rendus. 1866. p. 1078.

[1]) Es sei noch erwähnt, dass von den von Rumph abgebildeten Lianen ausser der genannten *Faba marina* Lib. VII, Taf. IV auch der sogenannte *Funis Cratium* (das. Taf. XI), aus einer anderen Familie stammend, eine *Caulotretus* nahe kommende Wellung zeigt.

gekrümmt, beim Geradebiegen kaum verlängert.

Holz + Rinde + Epidermis + Mark, stärker gekrümmt, um c. 0,5 Mm. an der Markseite verlängert.

Mark allein um c. 1 Mm. verlängert.

Da bei dem ganz saftigen, frischen Material Dehnung der Wände durch Wasseraufnahme jedenfalls ausgeschlossen ist, so deuten diese Zahlen darauf hin, dass nach eingetretener Verholzung einerseits im Mark noch ziemlich beträchtlicher Turgor existirt, andererseits aber auch das Holz noch ein wenig Turgor besitzt.

Aehnliche Messungen bei *Vitis* und *Ampelopsis* gaben ein sehr zweifelhaftes Resultat, da eventuell veränderte Verholzungserscheinungen bei Eintritt des Winters in Betracht zu ziehen sind. Turgorbestimmung, bei *Vitis* nach der Isolirungsmethode, bei *Ampelopsis* nach der de Vries'schen plasmolytischen Methode, makro- und mikroskopisch, konnten nur im Winter, also zur Zeit verminderten Turgors angestellt werden, so dass der negative Erfolg derselben nicht beweisend ist. Immerhin ist nach den Messungen der Holzfaserzellen in verschiedenen Zweigstücken auch hier sehr geringes nachträgliches Wachsthum wahrscheinlich; jedenfalls wäre es von theoretischem Interesse, wenn sich auch bei einheimischen Pflanzen Andeutungen dieser, wie es scheint, weit verbreiteten Erscheinung zeigten.

Dass der Stamm der Rankengewächse überhaupt einen verhältnissmässig jugendlichen Eindruck macht, fiel schon den älteren Botanikern auf; namentlich Crüger brachte die Sache ziemlich klar zum Ausdruck und analysirte dieselbe folgendermaassen [1]: »Eine fernere Eigenschaft, welche die Schlingpflanzen [2] von den baumartigen Gewächsen scheidet, ist die, dass die ganze Gefäss- und Parenchymmasse des Stammes thätig und in dieser Hinsicht jugendlich und zum Theil vermehrungsfähig bleibt.« Auch später kommt er öfters auf diese in Wirklichkeit sehr überschätzte Theilungsfähigkeit des Parenchyms zurück, hierin, in dem Saftreichthum der Gefässe und in dem bis zum Aufhören der Holzbildung [3] führenden Vorwalten des Parenchyms die Ursachen des jugendlichen Eindruckes findend; die Prosenchymzellen haben nach ihm keinen Antheil daran, denn sie gehen »die Phasen ihrer räumlichen Veränderung sehr schnell durch, so schnell, dass man schwer dieselbe beobachten kann [1]; jede spätere Veränderung besteht nur im Absetzen von Stoffen im Innern der Zellen [2] etc.« — Diese Ansicht über die früh beendete Verlängerung der Holzzellen hat sich nun auch in allen zusammenfassenden Werken erhalten. Auch Sachs [3] sagt: »Erst wenn die Umfangzunahme der Zellen aufgehört hat, beginnt später das Dickenwachsthum der Zellwände« und nennt dies »eine für die Theorie des Wachsthums überhaupt hochwichtige Thatsache von ganz fundamentaler Bedeutung; denn im Grunde bedeutet sie nichts anderes, als dass die Zellen nur so lange ein Flächenwachsthum ihrer Zellstoffwand erfahren, als die letztere noch äusserst dünn und dem entsprechend dehnbar ist: stark verdickte Zellwände sind nicht mehr fähig, im Umfang zu wachsen.« — So unbestreitbar diese Thatsache im Allgemeinen ist (falls man von Collenchymzellen absieht), so findet doch bei *Caulotretus* und wahrscheinlich bei vielen Rankengewächsen eine Ausnahme statt, indem die Holzfaserzellen (die hier meist die Holzfasern vertreten) dauernd in einem jugendlicheren Zustande verharren. — Interessant ist übrigens auch folgende Stelle Netto's über *Cissus hydrophora* [4]. »Une particularité également notable du bois de cette Liane c'est que malgré le développement d'une tige assez avancée, les fibres ligneuses sont comme à l'état d'ébauche et se détachent à peine des éléments parenchymateux qui les entourent. Ce n'est que dans les tiges de plus de trois ans, qu'elles peuvent atteindre leur développement définitif.«

Nutzen des fortgesetzten Längenwachsthums und der Wellung für die Lianen.

Um der Lösung dieser schwierigen Frage näher zu kommen, wird es zweckmässig sein, der Lebensweise von *Caulotretus* etwas nachzugehen [5]. — An der *Bauhinia* sp. hatte ich

[1] Crüger, Bot. Ztg. 1850. S. 100.

[2] Crüger unterscheidet häufig nicht scharf zwischen Ranken- und Schlingpflanzen, sondern fasst sie beide unter dem letzteren Namen zusammen.

[3] Crüger, Bot. Ztg. 1850. S. 100, wo *Cissus*, *Papilionaceen* (*Dolichos*), *Malpighiaceen*, *Euphorbiaceen*, *Rubiaceen* dafür angeführt werden.

[1] Ibidem, S. 164. Anm. [2] Ibidem, S. 128.

[3] Sachs, Vorlesungen. II. S. 687.

[4] Netto, Comptes rendus. 1866. p. 1079.

[5] Für das Verständniss der biologischen Verhältnisse der Rankengewächse sehr lehrreich ist Fr. Müller's interessanter Aufsatz über Zweigklimmer. (Kosmos. VI. S. 11.)

Gelegenheit zu sehen, wie eine rankende Liane auch ohne Stütze für die Ranken zu beträchtlichen Höhen hinauf zu ragen vermag. Die Ranken standen (meist zu zweien, bei einem Exemplar war stets nur eine ausgebildet) am Ende des ersten Internodiums jedes Seitensprosses, zwischen sich einschliessend das, wegen Mangel einer Stütze [1]) nicht entwickelte Sprossende in Form dicht über einander gehäufter Knospen, mit Hüll- und Schutzgebilden reichlich bedeckt. Das erste, unter den Ranken stehende Internodium ist bei den unten am Tragspross stehenden Seitenzweigen wenig entwickelt, je höher der Seitenspross steht, desto länger ist das erste Internodium. Die alleruntersten wohl nur im Nothfalle aus dem Knospenstadium tretenden Seitenzweige besitzen weder Ranken noch deutlich sichtbares erstes Internodium, und stehen ganz dicht über einander direct über der Ranke des sie tragenden Sprosses. — Oben war der, an einigen Stellen eine Abplattung von 1,7 : 2,5 Ctm. zeigende Zweig abgeschnitten, worauf die beiden unter dem Schnitt befindlichen Seitenknospen das Wachsthum übernahmen und sich in einem hohen, circa 4 M. langen Bogen herumkrümmten. Sie waren, da keine Stützen vorhanden, ohne Seitenzweige; nur der eine entwickelte oben auf der Biegung einen langen Spross, der direct hoch aufstieg und oben am Fenster des hohen Gewächshauses wohl schliesslich Stützen für seine Ranken fand. — Dieses hohe Aufsteigen wäre durchaus unmöglich gewesen, falls nicht der Spross durch frühe Verholzung in sich selbst Halt gefunden hätte. — Da diese Art mit unserem *Caulotretus* so nahe verwandt ist, ausserdem Internodien- und Rankenanordnung etc. ziemlich dieselbe ist, so darf man wohl auch die Wachsthumsverhältnisse als gleichartig ansehen, zumal da die Beobachtungen an dem oben behandelten langen Spross vom *Caulotretus* gleiche Verhältnisse zeigen.

Erste Lebensfrage ist also, so schnell wie möglich in das Laubdach des Urwaldes hinaufzusteigen, um dort oben Licht für die Blätter und Stützen für die Ranken zu finden und erst über den Waldbäumen am Lichte die Blüthen zu entfalten. — Um nicht zu viel Baumaterial unten im Dunkel des Waldes nutzlos zu verbrauchen, werden nur solche Seitenzweige ordentlich ausgebildet, deren Ranken Stützen gefunden haben (vielleicht sogar diese nicht einmal alle); die anderen bleiben ganz klein und schwächlich, meist völlig in die Knospe zusammengezogen, und werden nur im Nothfalle, nach Kappung oder Zerstörung der Spitze, und wohl auch, wie unser Fall zeigt, nach Senkung derselben zu grösseren Sprossen auswachsen. Auch Netto [1]) sind die wenigen, nur an der Spitze der *Caulotretus*stämme befindlichen Zweige aufgefallen. — Da Schnelligkeit nöthig, theilt sich das Gewebe der Vegetationsspitze mit grosser Geschwindigkeit, so dass die Streckung der angelegten Zellen nicht gleichen Schritt halten kann, was übrigens auch bei einheimischen Pflanzen, z. B. dem Weinstock, geschieht. Folge davon ist, dass grössere Zellpartien sich gleichzeitig in der Phase der Streckung befinden; da aber auf diese Weise auch längere Strecken aus weichem Gewebe bestehen würden, was bei dem zuerst wohl meist frei aufstrebenden *Caulotretus* leicht ein Umbiegen des Zweiges veranlassen würde, so tritt die Verholzung vor definitiver Streckung ein, oder, um mich der prägnanten Sachs'schen [2]) Ausdrücke zu bedienen, die embryonale Wachsthumsphase eilt der Phase der Streckung weit voraus, während die Phase der inneren Ausbildung (hier Verholzung) noch vor Ende der Phase der Streckung beginnt.

Hat der Spross nun die ersten Baumäste erreicht, so erhalten die Ranken Stützen, Seitensprosse werden entwickelt, die Zahl der Blätter vermehrt sich beträchtlich, mithin auch die Assimilation und das Dickenwachsthum, also die Flügelbildung des Stammes. Würden hier auch noch langsam wachsende Elemente angelegt, so würde der sich streckende Spross durch das dauernde Längenwachsthum alle Ranken wieder losreissen [3]) und die Existenz wieder in Frage gestellt; darum ist es jetzt nöthig, schnell stark zusammenhaltende Elemente zu schaffen, wozu die stark verdickten, ungemein langen Flügelholzfasern besonders geeignet erscheinen.

Bei der Erklärung der andauernden Wachsthumsfähigkeit verholzter Zellen bei den Lianen steht man also vor folgender Alternative. Entweder man betrachtet dieselbe als

[1]) Ein kleines Exemplar, dessen Ranken an einem Drahte zum Theil Stützen gefunden hatten, zeigte diese Beziehung zwischen Stütze und Ausbildung des Sprossendes recht deutlich.

[1]) Netto, Comptes rendus a. a. O., vergl. auch Aublet, Rumph etc.

[2]) Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. II. S. 503.

[3]) Von Crüger auch bei anderen Lianen beobachtet.

Folge fortgesetzten Verharrens der Zellen in einem embryonalen Zustande, wo also die Verholzung zur gewöhnlichen Zeit auftritt, die Wachsthumsfähigkeit sich aber länger erhält als gewöhnlich, und man hätte dann wohl bei *Caulotretus* die Wellung als zwar überflüssige, wegen Materialverschwendung vielleicht sogar ungünstige, aber in der Entwickelung noch nicht beseitigte und in ihrer Correlation [1]) völlig unerklärte Erscheinung hinzunehmen. — Oder aber man schliesst sich unserer eben dargelegten Ansicht an, ausgehend von der Lebensweise dieser Pflanzen, so hat man die fortgesetzte Verlängerung nicht als etwas neu hinzugekommenes zu betrachten, sondern der Cardinalpunkt ist eine durch das Bedürfniss schnelleren aufrechten Wachsthums nöthig gewordene »frühere Verholzung«, indem die Verholzung in ein Stadium hinaufgerückt ist, wo Turgor und Wachsthumsfähigkeit noch bedeutend sind. Das fortgesetzte Wachsthum der verholzten Zellen ist demnach weiter nichts, als der verlangsamte Schluss des gewöhnlichen Zellwachsthums.

Hier ist also die früh, vor Ende des Zellwachsthums eingetretene Verholzung (nicht das lange jugendlich bleiben der Zelle), die Anpassungserscheinung, welche, obgleich für die Rankenpflanze nützlich, doch kleinere Uebelstände wie das Losreissen der Ranken, mit sich bringt. Diese Uebelstände werden aber in unserem Falle durch die eigenthümliche, anders geartete Bildung des Flügelholzes beseitigt, indem, falls die Ranken gefasst haben, durch dieselbe die Wellung entsteht, welche das Längenwachsthum in unschädliche Bahnen lenkt.

Nach dieser, freilich hypothetischen Auffassung, hätten wir es demnach bei wahrscheinlich vielen Rankengewächsen nur mit der Anpassungserscheinung einer sehr frühen Verholzung zu thun, bei *Caulotretus* haben wir ausser dieser noch im Flügelholz eine ausgebildete mechanische Anpassung, welche die Wellung bewirkt.

Dehnung der Gefässe.

Eine noch zu erledigende Frage ist die, wie man sich die Verlängerung der Gefässe von *Caulotretus* zu denken hat. Zwar wird man a priori geneigt sein, wie wir auch oben stillschweigend angenommen haben, die Verlängerung auf Rechnung von passiver Dehnung ohne Stoffeinlagerung zu setzen; doch ist ja immerhin letzteres nicht direct ausgeschlossen. Wenn die Ernährung nun auch schwerlich von dem Innern des Gefässes ausgehen kann, so ist doch eine Anlagerung von Seiten der peritrachealen Parenchymzellen möglich. Es könnte diese Eventualität als ohne Analogon und Beweis völlig ausser Acht gelassen werden, falls nicht eine Stelle von Mettenius ziemlich bestimmt für Wachsthum älterer Tracheiden der Gürtelringe der Cycadeen [1]) zu sprechen schiene, und auch von de Bary so aufgefasst und verschiedentlich besonders betont wurde [2]). — Da bei *Caulotretus* wegen der verhältnissmässig geringen Grössendifferenz junger und alter Gefässglieder eine Volumbestimmung der Gefässwände durch Dickenmessung natürlich nur durchaus zweifelhaften Erfolg versprach, so wurden die Cycadeentracheiden, die Grundlage der Mettenius'schen Behauptung, einer Untersuchung auf Wachsthum und Dehnung unterzogen.

Cycas. Mettenius selbst spricht zwar nicht direct von Wachsthum, er gibt aber Längenmessungen der Tracheiden aus den Gürteln junger und alter Stämme, deren Differenz höchst bedeutend ist, und bemerkt, dass »die treppenförmigen Zellen der Gürtel alter Stämme an Strecken von bedeutender Ausdehnung das Ansehen von Netzfaserzellen erhalten, indem statt der engen, spaltenförmigen, rechtwinklig zur Längsausdehnung dieser Zellen stehenden Tüpfel, elliptische Tüpfel von bedeutender Weite in einer zu dieser schrägen Richtung auftreten; dieser Ausdehnung scheinen die Spiralfaserzellen der Gürtel nur in geringem Grade folgen zu können.« — An den von mir untersuchten Exemplaren von *Cycas revoluta* liess sich in der That eine beträchtliche Ausweitung der Spalten constatiren, und zwar konnten sie sich im günstigen Falle bis auf das fünffache der ursprünglichen Breite erweitern, ohne dass die dünne Tüpfelhaut zerriss; dieselbe war zwar nicht mehr deutlich durch Färbung nachzuweisen, ihre Existenz ward aber dadurch bewiesen, dass dickere, an der Aussenseite der Tracheiden herablaufende und wohl in die Inter-

[1]) Möglicherweise im Zusammenhang mit anderen Anpassungserscheinungen der Rankengewächse (siehe die folgenden Abschnitte) stehend.

[1]) Mettenius, Beiträge zur Anatomie der Cycadeen. S. 577.

[2]) de Bary l. c. S. 628.

cellularräume hineinragende Verdickungskämme selbst in diesen gezerrten Stadien oft ununterbrochen über diese scheinbaren Lücken zwischen den Leisten hinwegliefen [1]). In den älteren Stadien zerreissen jedoch die ältesten Tracheiden vollständig und werden dann sofort von dem angrenzenden wuchernden Parenchym völlig verzerrt und nach kurzer Zeit verdrückt und unkenntlich gemacht, so dass stets nur wenige solche verzerrte, functionslose Tracheiden sichtbar sind; diese zeigen in der That stellenweise sehr grosse, schiefe, netzartige Tüpfel, doch ist die Haut zerrissen, und sie werden nur durch das anliegende Parenchym noch eine Zeitlang in der Lage gehalten, zerfallen aber, wenn man das Parenchym fortpräparirt. — Bei den noch mehr verdehnten Tracheiden lösen sich die meisten Verbindungen der Zwischenleisten, so dass sie verzerrten Spiraltracheiden sehr ähnlich werden, doch findet man bei sorgfältigem Suchen leicht noch einige Doppelverbindungen. — Es offenbart sich hier also zwar eine grosse Dehnungsfähigkeit (wie sie übrigens ja auch die ersten Spiralgefässe der Pflanzen in eminenter Weise zeigen), von wirklichem Wachsthum kann hier aber ebenso wenig wie dort die Rede sein; zumal, da häufig der Fall vorkommt, dass deutliche Spuren von Dehnung zeigende Tracheiden nirgends mit Parenchym in Berührung sind.

Beta. Auch in der Wurzel von *Beta vulgaris* wurden die durch nachträgliche innere Parenchymdilatation gezerrten Netzgefässe untersucht und ganz analoge [2]) Verhältnisse gefunden; eine Zeitlang dehnen sie sich, dann zerreissen erst einige Netzverbindungen (auch durch Spaltung der Netzleiste wird oft grössere Ausdehnung erzielt), schliesslich zerreissen sie fast alle, so dass die Netzgefässe, jetzt sehr den Spiralgefässen ähnelnd, sich allmählich abrollen und dabei natürlich immer schmäler werden, bis sie von dem benachbarten Parenchym erst eingekeilt und schliesslich völlig zerdrückt werden. Die dünne Netzhaut scheint hier verhältnissmässig früh zu zerreissen.

Demnach darf man auch bei *Caulotretus* getrost passive Dehnung der Gefässe annehmen, zumal es sich hier um im Vergleiche zu den eben erwähnten Fällen minimale Verlängerungen handelt. Auf Wachsthum deutet nichts hin, weder positive Anzeichen noch Analoga, dagegen würden grosse principielle Bedenken sich der Annahme widersetzen.

[1]) Siehe Fig. 7. [2]) Siehe Fig. 8.

Flügelbildung der Lianen im Allgemeinen.

Aus der oben dargelegten Auffassung geht zwar hervor, dass die Wellung nicht gerade in directem, causalen Verhältniss steht zu der Flügelbildung, dass also im Principe Fälle denkbar wären, wo sich ein runder Ast durch nachträgliche Verlängerung wellig krümmt, doch scheint dies kaum vorzukommen, indem dann wohl stets einfache Bogen oder bei Vorhandensein von Torsionen complicirte Schlingen gebildet werden. Die muldenförmig ausgebuchtete, wellig-flache Structur von *Caulotretus* dagegen ist völlig an die Existenz eines vom Centralholz abweichend construirten Flügels gebunden; je mehr bei einer Pflanze Structur des Central- und Flügelholzes nach der oben angegebenen Richtung hin aus einander gehen, desto mehr wird sich bei fortgesetzter Wachsthumsfähigkeit der Gegensatz durch Wellung offenbaren; bei *Caulotretus* nun ist das Phänomen deshalb so ausgebildet, weil die Unterschiede so bedeutend sind. — So viel sich aus den vorhandenen Untersuchungen beurtheilen lässt, ist bei keiner anderen flügelbildenden Pflanze die Differenz so stark entwickelt wie hier.

Die Flügelbildung selbst dagegen ist eine bei Lianen höchst verbreitete Eigenschaft, die alle Uebergänge verfolgen lässt von scharf ausgesprochenem Gegensatz zwischen Central- und Flügelholz bis zu völlig homogener Bildung, und ebenso von schmalen bandförmigen Bildungen bis zu kaum merklicher Abplattung des Astes. — Um die grosse Verbreitung zu zeigen, dürfte es von Interesse sein, die Hauptangaben des Vorkommens abgeplatteter Zweige zusammenzustellen, was bisher noch nicht geschehen ist; selbstverständlich kann die Liste durchaus nicht auf irgend welche Vollständigkeit Anspruch machen, auch konnte begreiflicherweise das Maass und die Dauer der Abplattung nicht berücksichtigt werden.

Nach Jussieu ist die Abplattung sehr häufig bei den jungen Zweigen kletternder *Malpighiaceen*, auch bildet er ein plattes *Banisteria*zweigstück ab. Bei *Bignonia paniculata* gibt er das Verhältniss der beiden Axen auf 3 : 6 an, endlich ist auch eine *Abrus*art (*Papilion.*) abgeplattet. — Crüger findet Abplattung bei *Piper nigrum*, *Cissus*, *Begoniaceen*, *Rhynchosia*, *Caulotretus*, *Mucuna* (alles 3 *Papil.*), *Securidaca* (*Polygal.*), *Sa-*

pindaceen, Rubiaceen, Convolvulaceen, Malpighiaceen. — Netto findet Flügelbildung bei *Menispermaceen, Bignoniaceen, Cassia, Malpighiaceen*; Müller gibt Abplattung für *Dicella*, viele schon genannte Pflanzen, auch bildet er einen elliptischen Stammquerschnitt von *Aristolochia* ab. Nach de Candolle sind die jungen Zweige verschiedener *Hippocrateaceen* abgeplattet, z. B. *Hippocratea paniculata, cassinoides*, dann bei vielen *Bignoniaceen* (*Sperattosperma, Spathodea*arten, *Tabebuia cassinoides, Tecoma mollis, sambucifolia, Phyllarthron*arten, *Tanaecium paniculatum* etc.). Bei *Vitis* ist die Erscheinung (als Maximum fand ich $1^3/_4 : 3^1/_2$ Ctm.) längst bekannt, Kny erwähnt sie auch von *Tecoma radicans*, doch tritt dieselbe wohl nur vereinzelt auf. Nach Schimper sind *Rosa canina* und *Corylus avellana* diplonastisch, wenn man dies überhaupt noch unter den Begriff der Abplattung rechnen will. Auch *Aesculus hippocastanum, Acer platanoides* und *pseudoplatanus, Epilobium hirsutum, Syringa vulgaris* haben nach Detleffsen in der Jugend abgeplattete Zweige, doch verliert man sich hierbei schon in die durch Knospendruck hervorgebrachten Erscheinungen, während die von Crüger bei nicht kletternden und schlingenden *Melastomaceen* beobachteten Erscheinungen wohl als wirkliche Abplattung aufzufassen sind. Mit Hinweglassung zweifelhafter Fälle scheint also Abplattung durch ungleichmässiges Wachsthum constatirt in Vertretern folgender Familien: *Sapindaceen, Convolvulaceen, Malpighiaceen* (*Aristolochieen?*), *Ampelideen, Polygaleen, Piperinen, Begoniaceen, Rubiaceen, Menispermeen, Papilionaceen, Melastomaceen, Hippocrateaceen*, also mit wenigen Ausnahmen (namentlich *Apocyneen, Asclepiadeen, Loganiaceen* und *Dilleniaceen*) in allen Lianenfamilien.

Da selbst in derselben Gattung die Flügelbildung bald breit (*Bauhinia* sp.), bald nur an zwei kleinen Stellen der Centralholzperipherie (*Caul. heterophyllus*) angelegt wird, mit grossen individuellen Abweichungen, so geht daraus hervor, dass hier selbst in extremen Fällen nur Modificationen desselben Typus, keine principiellen Verschiedenheiten vorliegen, und man wird also Flügelbildung und Abplattung im Allgemeinen unter einen Gesichtspunkt zusammenzufassen geneigt sein. Trotzdem sind mindestens dreierlei Modificationen solcher einseitigen Ausbildungen zu unterscheiden. Im ersten Falle wird die Abplattung im jugendlichen Zustande durch Druckverhältnisse bedingt; im zweiten Falle steht die Flügelbildung in ganz bestimmtem, nachweislichem Zusammenhang mit der Blatt- und Knospenbildung; drittens kommt später angelegte Flügelbildung in Betracht, ausgehend von mehr oder weniger unregelmässiger Gewebewucherung oder Zurückbleiben bestimmter Stellen, wie man ersteres vortrefflich an älteren *Caulotretus*stämmen, letzteres an verschiedenen *Malpighiaceen*[1]) sehen kann. Hierzu gehört nach der Abbildung Crüger's jedenfalls auch die ziemlich unregelmässige Flügel besitzende *Cassia quinquangulata*[2]). — Dass bei dieser Kategorie die spät auftretenden Unregelmässigkeiten (je nach den einzelnen Fällen in localer Verminderung oder völligem Erlöschen des Wachsthums bestehend) von den ehemals an dem Zweig befindlichen Blättern beeinflusst werden sollten, ist undenkbar; eher möglich ist (eventuell vermöge des Saftzuflusses) der Einfluss von Seitenzweigen oder der Blattinsertionen an den noch beblätterten Trieben. — Was die zweite Kategorie, wozu namentlich *Papilionaceen, Securidaca, Ampelideen* und auch *Bignoniaceen* gehören, betrifft, so ist ein Einfluss der Blattstellung unleugbar (auch bei den nicht abgeplatteten *Bignoniaceen* zeigt ja die eigenthümliche Holzbildung gleichfalls deutliche Beziehung zur Blattstellung); und zwar findet ohne Ausnahme[3]) Wachsthumsförderung des Holzes auf den mit den Blättern alternirenden Seiten statt; die erwähnten Pflanzen sind demnach, da die Blätter meist zweizeilig gestellt sind, mehr oder weniger bandartig, bei der decussirten Blattstellung der *Bignoniaceen* schneiden sich hingegen die Flügel der benachbarten Internodien in einem rechten Winkel.

Die Ursache dieses merkwürdigen Abhängigkeitsgesetzes ist, wie die der Flügelbildung überhaupt, noch in vollkommenes Dunkel gehüllt. Experimentell hat niemand die Frage

---

[1]) Bei dieser Eintheilung kann natürlich nicht auf die nebensächliche Thatsache Rücksicht genommen werden, ob der Zweig zwei oder mehr Flügel besitzt. Vergl. übrigens auch Müller's Abbildungen l.c. 1866. Taf. III.

[2]) Crüger l.c. 1851. Taf. VII. S. 21.

[3]) Die von Crüger als Ausnahme genannte *Cassia* gehört, wie erwähnt, nicht in diese Kategorie; die Kanten einer von ihm angeführten Mimose können nicht in Betracht kommen, da jede anatomische Untersuchung fehlt, man also nicht weiss, ob hier gewöhnliche Riefen oder vermehrte Holzbildung vorliegt.

behandelt; die vergleichende Anatomie ist hier nur als Regulativ zu gebrauchen, als solches aber unentbehrlich. Wenigstens würden derartige Untersuchungen Detleffsen[1]) vor seinem unhaltbaren Versuch bewahrt haben, die Diplonastie auf Rindenspannung zurückzuführen; seine theoretischen Betrachtungen mögen bei den wenigen einheimischen Formen einen Schein von Wahrscheinlichkeit haben, die Betrachtung tropischer Formen stellt die Unrichtigkeit (wenigstens jeder Verallgemeinerung) ausser Frage. Näher darauf einzugehen behalte ich mir vor, wenn die angestellten experimentellen Untersuchungen eventuell zu einem befriedigenden Abschluss gekommen sein werden.

Central- und Aussenholz.

Wurde eben die weite Verbreitung der Flügelbildung in Betracht gezogen, so ist es vielleicht von Interesse, wenn darauf hingewiesen wird, dass sich auch ein Unterschied zwischen Central- und Aussenholz bei vielen lianenartigen Gewächsen findet; da in Bezug hierauf stammanatomische Untersuchungen kaum vorliegen, so muss sich die Liste auf Sammlungsstücke und gelegentliche Abbildungen von Stammquerschnitten beschränken. Hiernach tritt diese Differenzirung in grösserer Verbreitung auf bei Bignoniaceen und Malpighiaceen, wurde aber ausserdem auch an einzelnen Lianen aus den Familien der Apocyneen, Polygaleen, Strychneen und Hippocrateaceen constatirt; diese Gliederung ist nicht auf flügelbildende Stämme beschränkt. — Auch *Bauhinia* sp. zeigte schon in der Jugend das Aussenholz auf allen Seiten, wenn auch an den zwei blatt-alternirenden in hervorragendem Maasse; eine grössere Anzahl darauf hin untersuchter nicht rankender Bauhinien zeigte keine Spuren dieser Verschiedenheit; nur eine Art zeigte, wie so viele Pflanzen, aussen deutlich mehr und etwas grössere Gefässe, aber ganz ohne irgend welche scharfe Abgrenzung.

Der Unterschied besteht in allen Fällen vornehmlich in dem festeren Gefüge des Central- und dem Vorwiegen von Parenchym und Gefässen im Aussenholze. Wie die von Müller[2]) abgebildete Apocynee *Condylocarpon* beweist, kommt die Differenzirung des Holzes nicht nur Rankengewächsen, sondern auch Schlingpflanzen zu, wie überhaupt stammanatomisch zwischen diesen beiden Gruppen keine allgemeinen Unterschiede constatirbar sind, und nach Beschreibungen und dem Aussehen mancher Sammlungsstücke auch physiologisch Uebergänge (wohl besser Verbindungen) beider Erscheinungen, des Rankens und des Schlingens, häufig zu sein scheinen.

Da die Differenz von Central- und Aussenholz bei vielen Kletterpflanzen aus den verschiedensten Familien auftritt, wird sie jedenfalls mit der Lebensweise der Pflanzen zusammenhängen. So lange der Zweig auf sich selbst angewiesen ist, ist Festigkeit oder vielmehr Steifheit erste Bedingung; später, wenn diese Function durch Ranken oder Umschlingung hinreichend erfüllt wird, ist für den neuen Holzzuwachs kein Bedürfniss für weitere gleich starke Entwickelung des Steifungsgewebes mehr. Nur soweit ist dasselbe noch erforderlich, als dadurch der Zusammenhalt der Zellmasse gesichert wird, welchem Bedürfniss durch möglichst lange, zerstreute, feste Elemente am besten entsprochen wird; gar zu starke peripherische Holzlagen würden auch die Biegungsfestigkeit der Lianen in dem Grade vermehren, dass sie nicht mehr so gut im Stande wären, den durch Wachsthum der Stützpflanzen nöthig gewordenen Verschiebungen und Biegungen zu entsprechen, so dass Losreissung von der Unterlage erleichtert würde. Dazu kommt, dass bei diesen Pflanzen ein verhältnissmässig dünner Stamm eine colossal ausgebreitete Krone zu ernähren hat, was möglichst intensive Benutzung des zur Verfügung stehenden Raumes zum Zweck der Saftleitung doppelt wünschenswerth erscheinen lässt.

Erneute Cambiumbildung.

Wie oben auseinandergesetzt, sind die vielen concentrischen, parenchymatischen Streifen im Flügelholze von *Caulotretus* auf das Erlöschen der Thätigkeit des alten Cambiums zurückzuführen. Wir haben hier also den einfachsten der bis jetzt beschriebenen Fälle erneuter Cambiumbildung vor uns, indem sie Zellen ergreift, die kaum den Meristemzustand verlassen haben; und zwar geht meist diese erneute Meristembildung (analog der seitlichen Ausbreitung der Korkmeristembildung) von Zellen des ursprünglichen Cambiums aus, die durch verstärkte locale Holz-

[1]) Detleffsen l. c. S. 684.

[2]) Fr. Müller l. c. Tafel III, Fig. 4; daselbst findet man auch Querschnitte von Hölzern aus den meisten der hier angeführten Familien.

bildung (meist durch die schnelle Erweiterung eines grossen Gefässes) vorgeschoben werden. Von diesem vorgeschobenen Punkte verbreitet sich die Meristembildung seitlich, so dass auf diese Weise naturgemäss zwei Cambien über einander zu liegen kommen; bildet nun das äussere der beiden auf der Innenseite Holzelemente, so schliesst es damit das innere Cambium durch feste Zellen völlig ein; dieses, die Theilungen aufgebend, verwandelt sich nun einfach in parenchymatisches, dünnwandiges Gewebe und bildet mit den zwischen ihm und dem äusseren Cambium angelegten Phloëmzellen (die meist noch keine Siebröhren- und Bastfaserstructur besitzen) die concentrischen Streifen.

Höchst wahrscheinlich haben wir hier die gleiche Structur, wie sie Jussieu in seiner Monographie der Malpighiaceen [1]), wenn auch natürlich ohne Berücksichtigung der für uns maassgebenden Gesichtspunkte, für verschiedene (nicht alle) *Stigmaphyllon*arten beschreibt, wo sich das Aussenholz in viele Bündel zerlegt findet durch ein parenchymatisches Gewebe (un réseau, un tissu cellulaire cortical, letzteres nur wegen der anatomischen Aehnlichkeit angenommen). — Die von de Bary beschriebene [2]) vielleicht pathologische Bildung von *Stigmaphyllon ciliatum* gehört nicht hierher, da die im Holze befindlichen dünnwandigen Parenchymmassen, wie ich mich überzeugen konnte, entwickelungsgeschichtlich dem Holze angehören. — Als nächstes Analogon ist dagegen wohl *Securidaca* (aus der Familie der Polygaleen) zu betrachten, bei der nach Crüger's [3]) etwas unklarem Ausdruck das Cambium sich theilt, und zwar indem sich Gefässe zwischen den zwei Cambien bilden, deren Bildung ja aber selbstverständlich nicht Ursache, sondern Folge der Theilung des Cambiums ist. Vermuthlich ist die ursprünglich die beiden Cambien trennende Schicht (falls dieselben nicht überhaupt zwei direct neben einander liegende Zelllagen sind) in einer zwischen äusserem Holz und innerem Bast befindlichen, radial aus wenigen Zellen bestehenden Parenchymlage zu suchen, die sich nachträglich nur noch wenig vergrössert. Während bei *Caulotretus* das innere Cambium sich schnell in Dauergewebe umwandelt, bleibt dasselbe bei *Securidaca* theilungsfähig.

Werden nicht nur wie hier wenige Zellen bei Anlegung des äusseren Cambiumringes überschlagen, sondern mehr, so gelangt das sekundäre Cambium mitten in den schon ausgebildeten Bast; es werden ausgebildete Siebröhren und oft auch Bastfaserbündel nach innen abgetrennt, und so lässt sich die Reihe dieser Anomalien weiter verfolgen, durch die verschiedensten Familien, namentlich bei windenden Lianen, bis das äussere Cambium bei *Cocculus, Menispermeen, Avicennien* etc. in der Aussenrinde angelegt wird [1]). — Die Frage, ob durch diese Reihe, vielleicht für gewisse Familien, der phylogenetische Weg der Entwickelung dem Verständniss näher gebracht werden kann (in welcher Reihe dann *Caulotretus, Stigmaphyllon?, Securidaca* die ersten Stadien darstellen würden), erfordert zur Beantwortung viel genauere Einzelforschungen als vorliegen.

---

[1]) Jussieu, Archives du Muséum. T. III. p. 113. 1843.

[2]) de Bary l. c. p. 621.

[3]) Crüger l. c. 1850, S. 162; vergl. auch die Abbildungen daselbst.

[1]) Die Unregelmässigkeiten von *Dicella* scheinen nach dem vorliegenden, freilich trockenen Material nicht hierher zu gehören, ebensowenig *Hexacentris* (*Acanthaceae*), nach frischem Material untersucht, wo die eingeschlossenen Siebröhrgruppen wie auch bei *Strychnos* direct vom Cambium nach innen zu angelegt werden, wo also wirkliches hybrides Holz existirt; doch bedürfen alle diese Verhältnisse im Einzelnen noch näherer Untersuchung.

Tabelle I.

Längenmessungen von Markzellen und Holzelementen aus dem ersten Jahresringe verschieden alter Zweige derselben Pflanzen.

	Markzellen (d=100)[1]	Holzfaserzellen (d=50)
1) *Vitis vinifera.*		
Von einem 1jährigen Zweige von 1 Ctm. Umfang	0,043 Mm.	0,639 Mm.
– – 4 – – – 5 – –	0,045 –	0,646 –

Beide Proben stammten von demselben Zweigsystem, das zwischen den beiden Stücken befindliche Holz maass circa 8 Meter.

	Holzfaserzellen (d=20)
2) *Ampelopsis hederacea.*	
Von einem Zweige von 2½ Ctm. Umfang	0,207 Mm.
– – – – 4½ – –	0,203 –

	Markzellen (d=50)
3) *Aristolochia Sipho.*	
Von einem Zweige von 1½ Ctm. Umfang	0,058 Mm.
– – – – 3½ – –	0,058 –

Zwischen den Zweigstücken lag eine Distance von mehreren Metern.

	Markzellen, lufthaltig (d=100)
4) *Bauhinia aculeata.*	
Von der Spitze eines Zweiges	0,029 Mm.
derselbe Zweig, circa 1 Meter tiefer	0,027 –

	Holzfasern (d=50)
5) *Fagus sylvatica.*	
Von einem 2jährigen Zweige von 0,8 Ctm. Umfang	0,486 Mm.
– – 5 – – – 1,8 – –	0,502 –
– – 12 – – – 4 – –	0,525 –

Die drei Proben von an ganz verschiedenen Seiten stehenden Aesten eines grossen Baumes.

	Markzellen (d=60).	Holzfasern (d=30).	Markstrahlzellen (d=60)
6) *Platanus occidentalis.*			
Von einem 1jährigen Zweige von 1,2 Ctm. Umf.	0,049 Mm.	0,729 Mm.	0,017 Mm.
– – 4 – – – 3 – –	0,049 –	0,762 –	0,018 –
– – 11 – – – 6 – –	0,054 –	0,711 –	0,017 –

Die drei Proben von ganz verschiedenen Aesten eines sehr grossen Baumes, also durch viele Meter getrennt; das Mark war verholzt und stand in regelmässigen Längsreihen.

	Markzellen (d=100).	Holzfasern (d=30).	Markstrahlzellen (d=70)
7) *Crataegus oxyacantha.*			
Von einem 2jährigen Zweige von 1,5 Ctm. Umf.	0,035 Mm.	0,653 Mm.	0,017 Mm.
– – 5 – – – 3 – –	0,037 –	0,645 –	0,015 –

[1]) d gibt die Zahl der Messungen an, aus denen der Durchschnitt berechnet wurde.

Tabelle 2.

Caulotretus. Längenmessungen der Holzfaserzellen verschiedener Radialschnitte, um die Grössenverschiedenheit der Zellen in ihrer successiven Lagerung zwischen Mark und Peripherie zu veranschaulichen. — Messungen in Millimeter ausgedrückt, Zahl der Einzelmessungen für jeden Durchschnitt ca. 10, die eingeklammerten Zahlen sind Mittel aus weniger als fünf Messungen.

	Zellen direct am Mark		im Centralholz			in der Uebergangsregion			im Flügelholz				Bastfasern
1. Zweigstück	(0,98)		0,63			0,70			1,31	1,37			1,86
2. –	(0,90)		0,61			0,70				1,59			
3. –	(0,90)	0,51	0,57	0,61	0,53		0,98			1,74	1,92	1,90	(2,02)
4. –	0,69		0,49	0,55	0,49	0,59	0,65	0,67		1,50			1,16
5. –	0,67		(0,61)	0,57	0,55		0,86	0,98	0,94 1,08		1,75 (ganz aussen)		1,23
6. –	(1,08)	0,68	0,54	0,56	0,51	0,59	0,88	0,96		1,88	1,78	1,88 1,35	1,76
											ganz aussen		

Zweigstück 1—4 waren gerade, wenig oder wenigstens nicht stark geflügelt, 5 und 6 waren geflügelt und deutlich gewellt. — Die einzelnen Stücke stammen übrigens von verschiedenem *Caulotretus*material, ein Vergleich der Längenverhältnisse unter einander ist also nicht angebracht.

Tabelle 3.

Caulotretus. Vergleichung der mittleren Länge gleicher Elemente in einem fast gar nicht (I), schwach (II) und stark (III) gewellten Zweige[1]) desselben Exemplares. (rd und tg = mittlere Radial- und Tangentialgrösse der Zellen.)

	I.	II.	III.
Verholzte Markzellen (d=100)	0,039 Mm.	0,042 Mm.	0,0495 Mm. 0,0509 (d=100) Controlmess.
Verholzte Markstrahlzellen des Centralholzes (d=300)	0,046 Mm.	0,048 Mm.	0,055 Mm.
Verholzte Steinzellen im Sklerenchymring.			
Schmalseite[2]) (d=100)	0,0231 Mm.	0,0244 Mm.	0,0277 Mm.
Flügelkante (d=100)	0,0223 Mm.	0,0215 Mm.	0,0208 Mm.
Unverholzte Zellen der Aussenrinde (äussere Parenchymschicht)			
Schmalseite (d=100)	0,0298 Mm. (rd 0,018, tg 0,017 Mm.)	0,0309 Mm.	0,0295 Mm.
Flügelkante (d=100)	0,0216 Mm. (rd 0,015, tg 0,027 Mm.)	0,0180 Mm. (rd 0,015 Mm.)	0,0177 Mm. (rd 0,015 Mm.)
Unverholzte Zellen der Aussenrinde (innere Parenchymschicht)			
Schmalseite (d=100)	0,0237 Mm. Controlmess. 0,0244 (d=50) (rd 0,015, tg 0,015 Mm.)	0,0231 Mm.	0,0243 Mm.
Flügelkante (d=100)	0,0225 Mm. (rd 0,017, tg 0,035 Mm.)	0,0225 Mm.	0,0223 Mm. (rd 0,013, tg 0,037 Mm.)
Korkzellen[3]). Schmalseite (d=100)	0,01945 Mm.	0,0182 Mm.	0,0172 Mm.
Flügelkante (d=100)	0,01225 Mm.	0,0122 Mm.	0,0110 Mm.
Holzfaserzellen im Centralholz (d=100)	0,457 Mm.	0,503 Mm.	0,583 Mm.

[1]) Die Maasse der Zweige siehe S. 10, die Durchschnitte Fig. 3.

[2]) Schmalseite wird der Kürze wegen hier die Seite des Zweiges genannt, wo die Flügel am wenigsten entwickelt sind, also die Seiten der Blattansatzstellen und stärksten Wellung (Fig. 3*s*), Flügelkanten sind die Seiten der stärksten Ausbildung der Flügel (Fig. 3*f*).

[3]) Wegen der grossen Dehnbarkeit des Korkes wurden nur Korksteinzellen gemessen (vergl. S. 6).

Tabelle 4.

Caulotretus. Vergleichung der mittleren Länge gleicher Elemente in den verschiedenen Theilen eines auf einem kurzen gewellten Tragspross sitzenden, circa 4½ Meter langen Zweiges.

Lage der Schnittflächen, an denen die Messungen ausgeführt wurden, im Verhältniss zum gesammten Spross	Länge der Internodien, an denen die Zellen gemessen	Durchschnittslänge der der Schnittfläche benachbarten Internodien	Zahl der Internodien zwischen der Schnittfläche und der Zweigspitze	Centralholzfaserzellen	Markzellen[1])	Gefässglieder im Centralholz	Tüpfelabstände der Centralholzgefässe von Spalt zu Spalt	Krystallschlauchkammern im Bast der Schmalseite	Rindensteinzellen der Schmalseite	Markstrahlzellen des Centralholzes	Korkzellen der Schmalseite	Bastfasern der Schmalseite
	Ctm.	Ctm.		d=100 Mm.	d=100 Mm.	d=30-40 Mm.	d=50 Mm.	d=100 Mm.	d=50 Mm.	d=200 Mm.	d=50 Mm.	d=25 Mm.
a) Tragspross	4	4	106	0,749	0,0345	0,286	0,0100	0,01725	0,028	0,0707	0,0153	
langer Spross, c. 4½ Meter: b) 5 Ctm. von unten	4½	ganz kurz, da Seitensprossanfang	100	0,621	0,0280+	0,268	0,0091	0,0145	0,025	0,0611	0,0150	1,530
c) 110 – –	8	6,3	81	0,597	0,0270+	0,277	0,0087			0,0555	0,0163	
d) 323 – –	4	4,8	41	0,556	0,0275	0,232	0,0080	0,0132	0,022	0,0522	0,0173	
e) 423 – –	4	4,3	10	0,547	0,0246+	0,221	0,0080			0,0580	0,0178	1,134
f) 442 – – (Spitze)	—	—	1	0,494	0,0237	0,196	0,0067		0,0178 daneben aber längere	0,0464	0,0203 Epidermis 0,02250	1,584

α) Stumpf eines Seitenzweiges am gewellten Tragspross. Markzellen (d=100) – 0,0372

β) Stumpf dicht bei d), ursprünglich das Ende des Hauptsprosses tragend; da derselbe sehr früh abbrach, übernahm der nächst untere Seitenzweig die Rolle desselben. 0,0283

Flügelkork von a) 0,01460

[1]) Die bedeutende Grössenverschiedenheit der Markzellen in dieser Tabelle und in Tabelle 3 rührt daher, dass in Tabelle 3 die Zellen einzeln gemessen wurden, also stets der grösste Längsdurchmesser jeder Zelle, hier aber die reihenweise stehenden Zellen in grösseren Partien, so dass also Aus- und Einbuchtungen der Zellen nicht berücksichtigt wurden. Die mit einem Kreuz versehenen Zahlen deuten an, dass in jenen Partien die Markzellen nicht verholzt waren.

Tabelle 5.

Caulotretus. Flügelholz.

A) Vergleichung der mittleren Länge gleicher Flügelholzelemente in gewellten Stämmen in verschiedener Entfernung vom Centralholz.

Holz III[1].	Parenchymzellen (d=50)	Markstrahlzellen (d=50)
Centralholz	0,120 Mm.	0,055 Mm.
Flügel innen (nahe dem Centralholz)	0,090 -	0,027 -
Flügel aussen	0,102 -	0,025 -

Holz IV[2].	Peritracheales Parenchym (d=100)	Krystallschlauchkammern (d=50)	Gefässglieder (d=50)	Tüpfelentfernung von Spalt zu Spalt (d=20)
Flügel innen (nahe dem Centralholz)	0,0145 Mm.	0,0224 Mm.	0,1436 Mm.	
Mitte	0,0152 -	0,0213 -	0,1524 -	0,0090 Mm.
Aussenkante	0,0143 -	0,0193 -	0,1652 -	0,0083 -

B) Vergleichung der mittleren Länge gleicher Elemente in den innersten Flügelholzlagen des $4\frac{1}{2}$ Meter langen Zweiges und dessen Tragsprosses.

Internodium a)[3]	Markstrahlzellen (d=50)	Krystallschlauchkammern (d=50)	Tüpfelentfernung (d=50)
gewellter Tragspross	0,0152 Mm.	0,0191 Mm.	0,0105 Mm.
Internodium b) Basis des langen Sprosses	0,0139 -	0,0163 -	0,0089 -

[1]) Vergl. Tab. 3, auch Fig. 3 und S. 10. [2]) Vergl. Fig. 4 und S. 10. [3]) Vergl. Tab. 4.

Tabelle 6.

A. Vergleichung der mittleren Zellenlänge junger und älterer verholzter Partien von ***Bauhinia*** sp.[1] (Section *Phanera*?).

	Markzellen (d=100)	Holzfaserzellen des Centralholzes (d=30)	Markstrahlzellen des Centralh. (d=100)
Obere Partie (Faserzellen noch deutliche Holzreaction zeigend)	0,0404 Mm.	0,736 Mm.	0,067 Mm.
180 Ctm. (20 Internodien) tiefer	0,0357 -	0,785 -	0,073 -

B) Vergleichung der mittleren Länge der Holzfaserzellen in zwei neben einander liegenden Internodien von ungleicher Länge bei ***Vitis vinifera.***

1. Internodium	12 Ctm. lang	Holzfaserzellen (d=30)	0,616 Mm.
2. -	8,5 - -	-	0,641 -

[1]) Siehe S. 3.

Figurenerklärung.

Fig. 1. Querschnitte durch ein noch sehr junges und kleines Internodium von *Caulotretus*. *A* unterster Schnitt, die Gefässbündel fangen an, sich in die Blattanlage abzuzweigen. *B* Schnitt weiter oben, die Blattstielanlage hat sich schon fast abgetrennt, die Anlage des Achselsprosses ist sichtbar. *C* Hauptspross, Achselsprossanlage und Blattstielanlage getrennt; im Hauptspross sind keine Gefässe mehr erkennbar. *a* Verdickungsring. *b* Sklerenchymscheide. *c* Gefässe, die für den Blattstiel bestimmt sind. *d* Gefässe der Achselknospe. *e* Seitengefässbündel des Blattstieles.

Fig. 2. Querschnitt durch einen jungen Zweig, dessen grösster Durchmesser c. $3\frac{1}{2}$ Mm. gross ist. *M* Mark, *C* Centralholz, *F* Flügelholz, *B* Bast, *A* Parenchym der Aussenrinde, *S* Sklerenchymfaserring, schon an den verschiedenen Stellen durch die dunkel schattirten Steinzellen *St* durchsetzt. *K* Korkschicht.

Fig. 3. Querschnitte durch die S. 10 und Tabelle 3 näher behandelten Holzstücke I, II, III von *Caulotretus* in natürlicher Grösse. *J* junger Zweig, ohne Flügelansätze. *s* Schmalseite, *f* Flügelkante, *b* dünne eingeschlossene Rindenpartien.

Fig. 4. Holzstück IV von *Caulotretus* (s. S. 10) $\frac{3}{5}$ der natürlichen Grösse. *a* Stümpfe abgebrochener Seitenzweige.

Fig. 5. Zerklüfteter *Caulotretus*stamm ($\frac{3}{4}$ der nat. Grösse). *C* Centralholz, *b* breite eingeschlossene Rindenschichten. Wie man auf dem Längsschnitt an der Biegung des Centralholzes deutlich erkennen kann, war der Stamm ursprünglich gewellt, und zwar muss er bei *f* seine Flügelkanten gehabt haben.

Fig. 6. Durchschnitt durch das Centralholz des zerklüfteten *Caulotretus*stammes (aus einer anderen Partie als das in Fig. 5 abgebildete Stück). *M* Mark, *C* Centralholz, *F* Flügelholz, *B* Bastzone, *St* Steinzellring mit eingestreuten Bastfaserbündeln (der ursprüngliche Sklerenchymfaserring ist jedenfalls längst durch Borkenbildung abgestossen, worauf sich stets im Bastparenchym ein neuer Steinzellring zu bilden pflegt, der aber nicht so regelmässig verläuft, und auch kleinere Zellen besitzt) *A* Zone zwischen Steinzellring und Kork (*K*), grösstentheils aus stark verholztem Phelloderm bestehend, innen auch unregelmässig gelagertes verholztes Parenchym (wohl dem Baste zugehörend). *a* wucherndes Gewebe, von der Rinde aus theils ins Mark eindringend, theils als concentrischer Ring ins Centralholz; die dunkel schattirten Partien sind (wahrscheinlich durch Phlobaphen-inhalt) gebräunte Zellen desselben; das Gewebe ist nur theilweise verholzt; die stark verdickten Markzellen sind durch ihre beträchtlichere Grösse kenntlich. *b* concentrische Parenchymlage im Flügelholz, möglicherweise eingeschlossenes Rindenparenchym.

Fig. 7. Tracheiden aus den Gürteln eines alten Stammes von *Cycas revoluta*. *A* stark gedehnt, aber noch nicht verzerrt, und Tüpfelhaut noch bestehend, auch die Leiste *a* noch vollständig. *b* brückenartige Verbindung der Verdickungsleisten, stärker gedehnt als dieselben und deshalb jetzt dünner. *B* Tracheiden schon stark verzerrt. *C* eine fast völlig verdrückte Tracheide.

Fig. 8. Tracheiden aus *Beta vulgaris*. *A*, *B*, *C* verschiedene Grade der Verzerrung. *a* ziemlich gut erhaltene und wenig gedehnte Partien.

Curriculum vitae.

Natus sum Otto Warburg Hammoniae anno LIX die XX mensis Julii patre Sigismundo Rudolpho matre Anna e gente Goldschmidt. Privata in schola, postea privatim literis imbutus Johanneum gymnasium per quattuor annos frequentavi, deinde testimonio maturitatis instructus academiam Rhenanam Bonnae adii. Ubi per sex menses commoratus Berolinum me contuli, simulque annuum stipendium feci, quo facto Hammoniae in academici gymnasii laboratorio publico per unum semestre rebus chemicis operam dedi. Deinde Argentinensem almam musarum sedem petivi cuius per V semestria civis fui.

Docuerunt me viri clarissimi Clausius, Haustein, A. Kekulé, R. Kekulé, Lipschitz, Nussbaum, Schmitz Bonnenses; du Bois Reymond, Peters, Wangerin Berolinenses, Wibel Hammoniensis; de Bary, Benecke, Fittig, Goebel, Groth, Hoppe-Seyler, Kundt, Laas, Rose, Schmidt, Steinmann, Zacharias Argentinenses. Quibus omnibus viris optime de me meritis, imprimis vero Antonio de Bary gratias semper habebo quam maximas.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1, A.

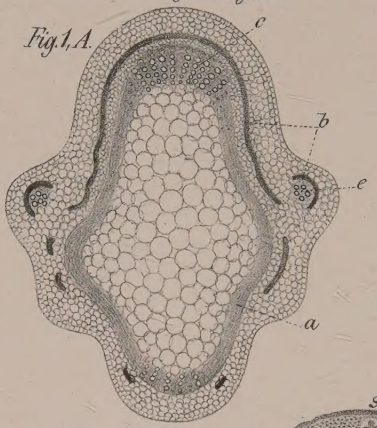


Fig. 1, B.

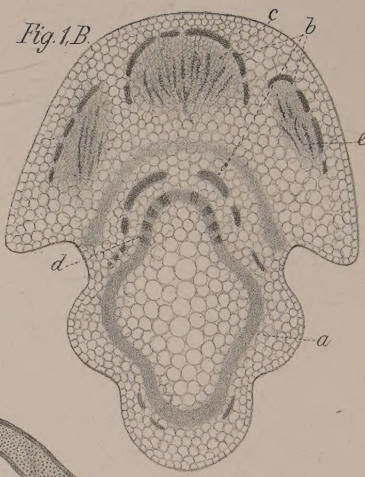


Fig. 1, C.

Fig. 3.

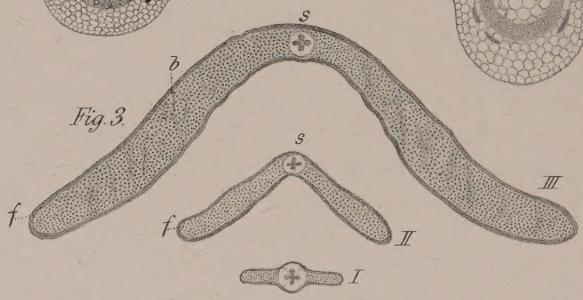


Fig. 4.

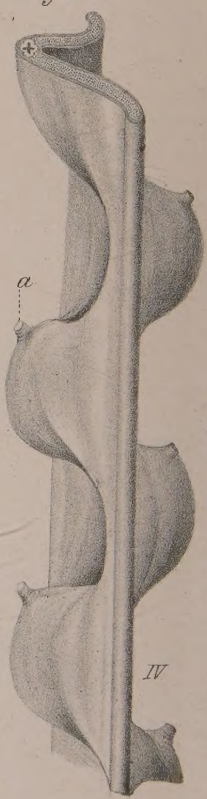
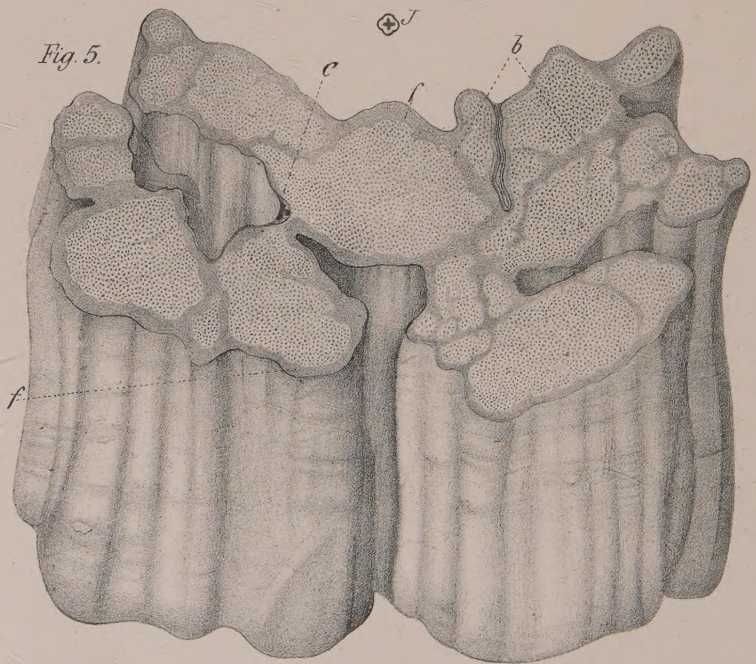


Fig. 5.



O. Warburg del.

Fig. 6.

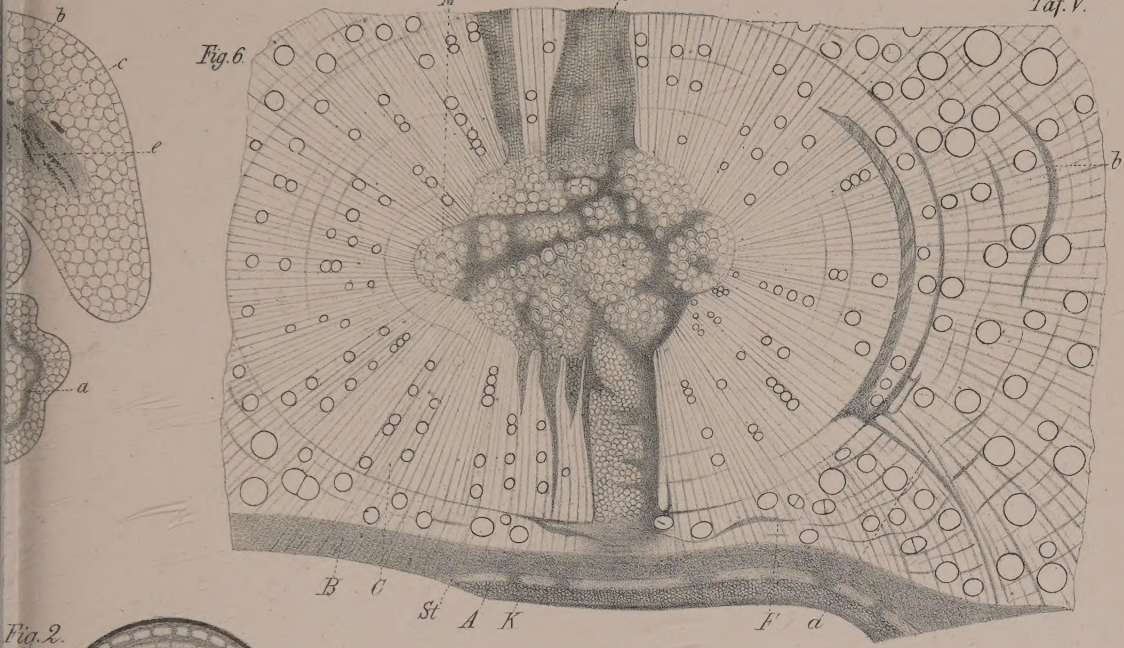
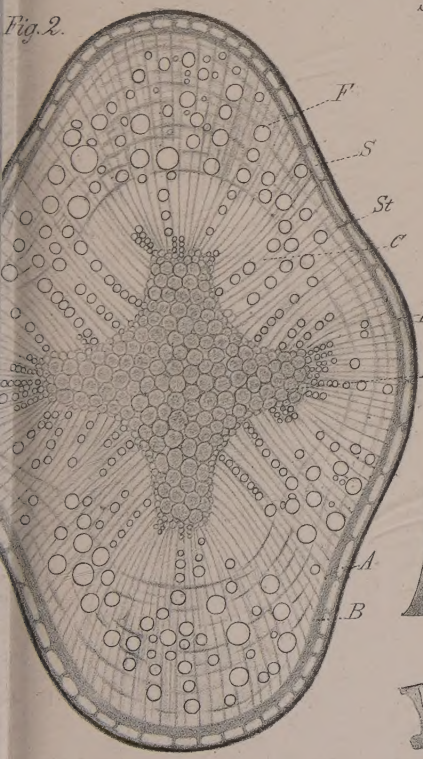


Fig. 2.



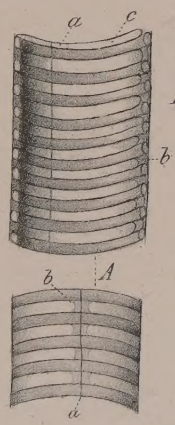
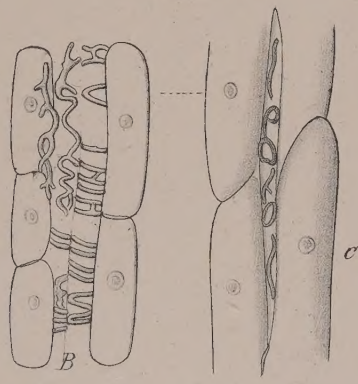


Fig. 7.



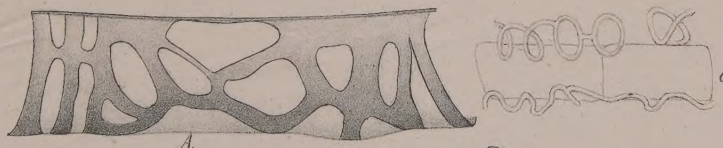
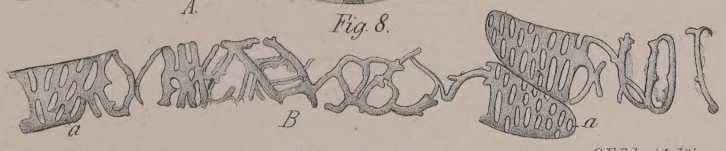


Fig. 8.



C.F. Schmidt, lith.